

PERENCANAAN PENEMPATAN NODE B PADA JARINGAN WCDMA (*WIDEBAND CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS*) DI KECAMATAN LIMAPULUH KOTA PEKANBARU

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim – Riau

oleh :

RENNO NIKKI WIJAYA

10355023172



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2011

PERENCANAAN PENEMPATAN NODE B PADA JARINGAN WCDMA (*WIDEBAND CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS*) DI KECAMATAN LIMAPULUH KOTA PEKANBARU

RENNO NIKKI WIJAYA
10355023172

Tanggal Sidang : 23 Juni 2011
Periode Wisuda : 14 Juli 2011

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

ABSTRAK

Industri komunikasi wireless telah memasuki fase generasi ketiga (3G). Melalui teknologi ini seseorang bisa melakukan telepon, sms, mms, faximili, video conference, video streaming dan koneksi internet dengan kecepatan tinggi. Menurut standar dari Eropa, Jepang maupun USA maka teknologi diatas dikenal dengan istilah IMT-2000 atau UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). *Universal Mobile Telecommunication System* merupakan suatu evolusi dari GSM, dimana *interface* radionya adalah WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) dan mampu melayani transmisi data dengan kecepatan yang lebih tinggi dengan laju data mencapai 2000 Kbps. Dalam penelitian ini akan dibahas perencanaan penempatan Node B pada jaringan WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) di kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru.

Dari sisi perencanaan kita bisa mengetahui perhitungan perencanaan kapasitas diantaranya prediksi jumlah pelanggan, bandwidth, kepadatan penggunaan potensial, dan kebutuhan trafik. Perhitungan perencanaan jumlah Node B diantaranya jumlah sinyal carrier dalam satu sel, jumlah total kanal trafik pelanggan per sel, kapasitas total bit informasi per sel, dan jumlah sel. Dan perhitungan radio link diantaranya perhitungan link budget dari arah downlink dan uplink. Dari sisi analisa penempatan kita akan melihat penempatan base station agar mendapat area cakupan yang optimal sesuai dengan kapasitas dan topologi areanya.

Hasil akhir dari Perencanaan Penempatan Node B pada Jaringan WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) di Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru yaitu dengan jumlah Node B sebanyak 2 Node B dengan radius sel sebesar 1040 m² dan di visualisasikan cakupan wilayah dalam bentuk heksagonal pada peta berskala 1 : 10.000 dengan jumlah sel sebanyak 2 sel.

Kata kunci : Node B, WCDMA

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMBANG	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Batasan Masalah	I-2
1.4. Tujuan	I-4
1.5. Metode Penelitian	I-4
1.6. Studi Literatur	I-5

1.7. Sistematika Penulisan	I-5
----------------------------------	-----

BAB II PENDAHULUAN

2.1. WCDMA Secara Umum	II-1
2.2. Arsitektur WCDMA	II-2
2.3. Metode <i>Duplex Dual Mode</i> Pada UMTS	II-6
2.3.1. <i>Frequency Division Duplex</i> (FDD)	II-7
2.3.2. <i>Time Division Duplex</i> (TDD)	II-8
2.4. Frekuensi Reuse	II-9
2.5. Interferensi	II-11
2.5.1. Interferensi <i>Co-Channel</i>	II-11
2.5.2. <i>Adjacent Channel Interference</i>	II-12
2.6. Handoff	II-13
2.7. Node B	II-13
2.8. SEL	II-15
2.9. Perencanaan Penempatan Node B Jaringan WCDMA	II-16
2.9.1. Perencanaan Kapasitas Node B	II-16
2.9.1.1. Prediksi Jumlah Pelanggan	II-16
2.9.1.2. Bandwidth	II-17
2.9.1.3. Kepadatan Pengguna Potensial	II-17
2.9.1.4. Kebutuhan Trafik Total	II-18
2.9.2. Perencanaan Jumlah Node B	II-18
2.10.2.1. Jumlah Sinyal <i>Carrier</i> per Sel	II-19
2.10.2.2. Jumlah Total Kanal Trafik Per Sel	II-19

2.10.2.3. Kapasitas Total Bit Informasi Per Sel	II-20
2.10.2.4. Jumlah Sel Berdasarkan Kapasitas	II-21
2.10. <i>Link Budget</i>	II-22
2.11.1. <i>Loss</i>	II-24
2.11.2. <i>Path Loss</i>	II-25
2.11.3. <i>Effective Isotropic Radiated Power</i>	II-26
2.11.4. Received Signal Code Power	II-27
2.11. Teknik Diversity	II-27
2.11.1. Frequency Diversity	II-28
2.11.2. Time Diversity	II-29
2.11.3. Space Diversity	II-30
2.11.4. Space-Time Diversity	II-31
2.12. Visualisasi Cakupan Wilayah	II-31
2.12.1. Bentuk Cakupan Segi Empat	II-32
2.12.2. Bentuk Cakupan Segitiga	II-33
2.12.3. Bentuk Cakupan Lingkaran	II-33
2.12.4. Bentuk Cakupan Heksagonal	II-34

BAB III PERANCANGAN DAN PERHITUNGAN

3.1. Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru	III-1
3.1.1. Wilayah Penempatan Jaringan WCDMA	III-3
3.2. Perencanaan Kapasitas	III-4
3.2.1. Prediksi Jumlah Pelanggan	III-4
3.2.2. Kebutuhan Trafik Layanan WCDMA	III-5

3.2.2.1.	Klasifikasi Jenis Layanan WCDMA	III-5
3.2.2.2.	Penetrasi Layanan	III-6
3.2.2.3.	<i>Busy Hour Call Attempt</i> (BHCA)	III-7
3.2.2.4.	Durasi panggilan Efektif	III-9
3.2.3.	<i>Bandwidth</i>	III-9
3.2.4.	Kepadatan Pengguna Potensial	III-10
3.2.5.	Kebutuhan Trafik Total	III-10
3.3.	Perencanaan Jumlah Node B	III-11
3.3.1.	Jumlah Sinyal <i>Carrier</i> Dalam Satu Sel	III-11
3.3.2.	Jumlah Total Kanal Trafik Pelanggan Per Sel	III-11
3.3.3.	Kapasitas Total Bit Informasi Per Sel	III-12
3.3.4.	Jumlah Sel	III-12
3.4.	<i>Radio Link</i>	III-13
3.4.1.	Parameter Perhitungan <i>Link Budget</i> dan Spesifikasi Material	III-13
3.4.2.	<i>Effective Isotropic Radiated Power</i>	III-14
3.4.3.	<i>Wall Loss</i>	III-14
3.4.4.	<i>Path loss</i>	III-14
3.4.5.	<i>Handover</i> dan <i>Fading Margin</i>	III-17
3.4.6.	<i>Received Signal Code Power</i> (RSCP).....	III-17

BAB IV HASIL PERENCANAAN DAN PEMBAHASAN

4.1.	Spesifikasi Hasil Perhitungan	IV-1
4.2.	Tahap Penentuan Sel Awal	IV-2

4.2. Tahap Penambahan Sel	IV-4
---------------------------------	------

4.3. Hasil Perancangan sel	IV-8
----------------------------------	------

BAB V PENUTUP

5.1.1.Kesimpulan	V-1
------------------------	-----

5.1.2.Saran	V-2
-------------------	-----

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Jumlah Penduduk Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru Tahun 2011	III-2
3.2. Luas Wilayah Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru	III-2
3.3. Prediksi Jumlah Pelanggan WCDMA hinga 3 tahun kedepan (2014).....	III-5
3.4. Klasifikasi Jenis Layanan WCDMA	III-5
3.5. Bit rate user tiap detik	III-6
3.6. Tingkat Penetrasi WCDMA Pada Daerah Suburban Dan Urban	III-7
3.7. Busy Hour Call Atempt (BHCA)	III-7
3.8. Durasi panggilan	III-8
3.9. Faktor Aktifitas layanan	III-8
3.10. Faktor Coding dan Asimetris layanan	III-8
3.11. Perhitungan Durasi Panggilan Efektif	III-9
3.12. Perhitungan <i>Bandwidth</i> Jaringan WCDMA.....	III-10
3.13. Perhitungan OBQ	III-11
3.14. Table Parameter Link Budget	III-13
3.15. Table Perhitungan Reverse Link Budget	III-14
3.16. Table Perhitungan Fordward Link Budget	III-15

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat akan komunikasi nirkabel di Pekanbaru meningkat dengan begitu pesatnya, terutama pada daerah perkotaan yang dikenal dengan pusat bisnis. Sejalan dengan perkembangan teknologi seluler, maka para pengguna *mobile communication* tidak hanya membutuhkan layanan dalam bentuk suara saja, tetapi juga layanan tambahan lainnya seperti data, trafik, video, dan kemampuan akses internet dengan laju data yang tinggi.

Industri komunikasi nirkabel telah memasuki fase generasi ketiga (3G) yaitu *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS). *Universal Mobile Telecommunication System* merupakan suatu evolusi dari *Global System for Mobile Communications* (GSM), dimana *interface* radionya adalah WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*), mampu melayani transmisi data dengan kecepatan yang lebih tinggi dengan laju data mencapai 2000Kbps.

Daerah cakupan pelayanan pada sistem komunikasi seluler jaringan seluler GSM sebenarnya sudah sangat meluas dan begitu juga untuk jaringan akses data dengan menggunakan jaringan WCDMA. Namun masih adanya kendala lainnya yang belum semuanya *ter-cover* sinyal, seperti pada daerah kota Pekanbaru yang tidak keseluruhan wilayah Pekanbaru mendapatkan pelayanan telekomunikasi seluler jaringan WCDMA.

Oleh karena masih adanya wilayah yang belum semuanya *ter-cover* sinyal, maka perlunya operator telepon seluler menambah dan membangun beberapa Node B agar wilayah-wilayah di Pekanbaru tersebut *ter-cover* sinyal dan mendapatkan pelayanan jaringan WCDMA.

Pada saat yang bersamaan, penulis tertarik untuk melakukan penelitian serta mempelajari, menganalisa, dan membuat perencanaan penempatan NODE B jaringan WCDMA berdasarkan teori beserta perhitungannya. Untuk itu dalam penelitian ini penulis mengambil judul “**Perencanaan Penempatan Node B pada Jaringan WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) di Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru**”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan suatu masalah yaitu bagaimana membuat suatu perencanaan penempatan Node B jaringan WCDMA pada daerah kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada perencanaan penempatan Node B jaringan WCDMA ini adalah sebagai berikut :

1. Wilayah cakupan tempat dirancangnya perencanaan penempatan Node B jaringan WCDMA yaitu pada daerah Pekanbaru.
2. Kondisi geografis daerah dibatasi pada luas wilayah dan jumlah penduduk.
3. Agar dihasilkan suatu perencanaan yang berjalan secara efektif maka penulis menggunakan parameter yang dihitung dalam perencanaan ini meliputi :

- a. Perencanaan kapasitas
 - Prediksi jumlah pelanggan
 - Bandwidth
 - Kepadatan pengguna potensial
 - Kebutuhan trafik
- b. Perencanaan jumlah Node B
 - Jumlah sinyal carrier dalam satu sel
 - Jumlah total kanal trafik pelanggan per sel
 - Kapasitas total bit informasi per sel
 - Jumlah sel
- c. *Radio link*
 - *Link budget*
 - *Path loss*
 - *Effective isotropic radiated power*
 - *Received signal code power*
4. Tidak membahas data analisa *traffic total* dan *user* potensial minimum 3G.
5. Antena yang digunakan yaitu antena omni.
6. Perencanaan penempatan Node B hanya sebatas teori, analisa, dan perhitungan. Hasil dari perencanaan, tidak diaplikasikan di lapangan.

1.4. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari Tugas akhir ini adalah merancang perencanaan penempatan Node B jaringan WCDMA pada daerah kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru.

1.5. Metode Penelitian

Perencanaan penelitian ini dilakukan sesuai dengan langkah-langkah berikut ini :

1. Studi literatur

Studi literatur ini dilakukan dengan cara mempelajari makalah, paper, buku, dan informasi dari situs-situs internet.

2. Pengumpulan data dan informasi

Pengumpulan data dan informasi berdasarkan pada operator Telkomsel, ITU (*International Telecommunication Union*) dan juga dari kantor camat Limapuluh kota Pekanbaru.

3. Analisis penempatan jaringan WCDMA di Pekanbaru

Berdasarkan dengan data Telkomsel, data-data dari kantor camat Limapuluh kota Pekanbaru dan juga dari ITU (*International Telecommunication Union*).

4. Pengambilan kesimpulan

Penarikan kesimpulan dilakukan dengan melihat hasil desain sistem WCDMA tersebut.

1.6. Studi Literatur

Dalam pembuatan tugas akhir ini dilakukan pendalaman bahan-bahan literatur yang berhubungan dengan tugas akhir. Pendalaman literatur dan pengambilan data dilakukan dengan cara *browsing* di internet, dari buku, atau meminjam buku dari perpustakaan sesuai dengan tugas terkait.

1.7. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini, disajikan dalam 5 bab, dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, tujuan penulisan, rumusan masalah, pembatasan masalah, metode penulisan serta sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan mengenai teori dan konsep perencanaan penempatan Node B jaringan WCDMA.

BAB III PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

Bab ini berisi tentang wilayah penempatan Node B, Perencanaan Kapasitas, Perencanaan jumlah Node B, *radio link*.

BAB IV HASIL PERENCANAAN

Bab ini berisi tentang pembahasan terhadap implementasi, yang meliputi pembahasan terhadap hasil perencanaan penempatan Node B.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari pembahasan pada perancangan awal serta analisa yang diperoleh. Untuk lebih meningkatkan mutu dari sistem yang telah dibuat maka diberikan saran-saran untuk perbaikan dan penyempurnaan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. WCDMA Secara Umum

WCDMA atau juga disebut (*Wideband Code Division Multiple Access*) adalah *interface* radio dari UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) yang merupakan evolusi dari GSM, dimana prinsip kerja dari WCDMA adalah sinyal informasi akan disebar dan ditransmisikan pada suatu spektrum frekuensi tertentu pada suatu waktu, sehingga tidak ada lagi alokasi frekuensi dan *time slot* dalam sistem WCDMA.

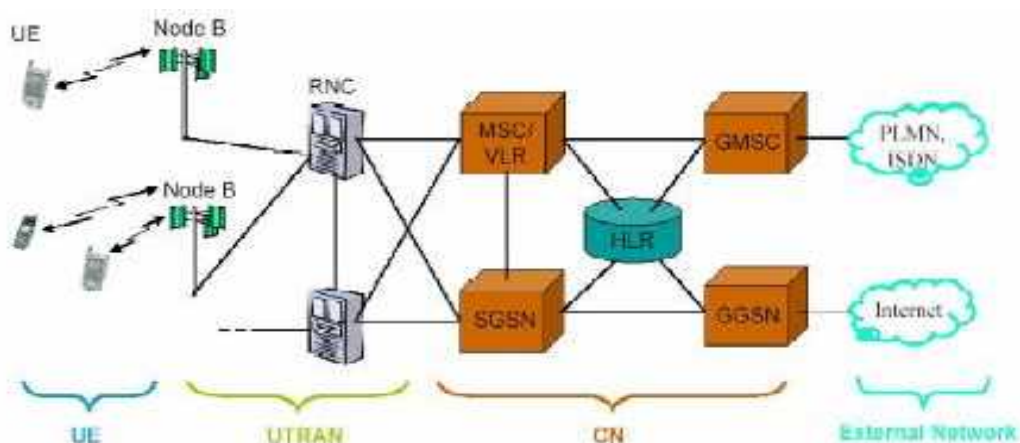
WCDMA merupakan teknologi akses yang dikembangkan sebagai standar teknologi telepon bergerak generasi ketiga (3G) untuk jaringan UMTS. Beberapa hal pokok mengenai karakteristik WCDMA yaitu :

1. WCDMA merupakan sistem *wideband Direct Sequence Code Division Multiple Access* (DSCDMA), dimana bit informasi pengguna disebar sampai melebihi *bandwidth* dengan mengalikan data pengguna dengan *bit quasi random (chip)* dari kode *spreading* CDMA
2. *Chip rate* sebesar 3,84 Mcps dapat memastikan membawa data dengan *bandwidth* sebesar 5 MHz
3. WCDMA mendukung penggunaan *data rate* pengguna yang bervariasi dengan kata lain mendukung konsep untuk menghasilkan *Bandwidth on Demand*(BOD)

4. WCDMA mendukung mode dasar operasi pentransmisian, yaitu : *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time Division Duplex* (TDD). Dalam mode pentransmisian FDD, *bandwidth* pembawa sebesar 5 MHz dipisahkan oleh pita frekuensi antara *uplink* dan *downlink*, sedangkan dalam mode pentransmisian TDD, *bandwidth* pembawa 5 MHz terbagi ke dalam interval waktu antara *uplink* dan *downlink*.

2.2. Arsitektur WCDMA

UMTS merupakan salah satu teknologi seluler pada generasi ketiga yang menggunakan teknologi WCDMA sebagai *interfacenya*. UMTS dikembangkan oleh IMT-2000 *framework* yang merupakan salah satu bagian dari program ITU.



Gambar 2.1. Arsitektur jaringan WCDMA-UMTS

(Sumber : <http://jaringantelekomunikasi.wordpress.com/>)

Secara garis besar arsitektur jaringan WCDMA terdiri atas tiga bagian yang saling berinteraksi satu dengan yang lainnya. ketiga bagian itu adalah (Lukman, 2003):

1. UE (*User Equipment*)

User Equipment merupakan perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk dapat memperoleh layanan komunikasi bergerak. UE dilengkapi dengan *smart card* yang dikenal dengan nama USIM (*UMTS Subscriber Identity Module*) yang berisi nomor identitas pelanggan dan juga algoritma *security* untuk keamanan seperti *authentication algorithm* dan algoritma enkripsi. Selain terdapat USIM, UE juga dilengkapi dengan ME (*Mobile Equipment*) yang berfungsi sebagai terminal radio yang digunakan untuk komunikasi lewat radio.

2. UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*)

Di dalam UTRAN terdapat beberapa elemen jaringan yang baru dibandingkan dengan teknologi 2G yang ada saat ini, diantaranya adalah node B dan RNC (*Radio Network Controller*).

a. RNC (*Radio Network Controller*)

RNC bertanggung jawab mengontrol *radio resources* pada UTRAN yang membawahi beberapa Node B, menghubungkan CN (*Core Network*) dengan *user*, dan merupakan tempat berakhirnya protokol RRC (*Radio Resource Control*) yang mendefinisikan pesan dan prosedur antara *mobile user* dengan UTRAN.

b. Node B

Node B sama dengan *Base Station* di dalam jaringan GSM. Node B merupakan perangkat pemancar dan penerima yang memberikan pelayanan radio kepada UE. Fungsi utama node B adalah melakukan proses pada *layer 1* antara lain : *channel coding, interleaving, spreading, de-spreading*, modulasi, demodulasi dan lain-lain. Node B juga melakukan beberapa operasi RRM (*Radio Resource Management*), seperti *handover* dan *power control*.

UTRAN terdiri dari beberapa *Radio Network Subsystem* (RNS), yang merupakan kumpulan dari *Radio Network Controller* (RNC) dan beberapa buah *Node B* yang ditanganinya. RNS adalah bagian atau *subsystem* dari UTRAN yang bertugas menangani manajemen *radio resource* untuk membangun hubungan antara UE dan UTRAN

Ada empat *interface* yang digunakan dalam UMTS yaitu :

- a. Uu : untuk menghubungkan UE dan Node B
- b. Iub : untuk menghubungkan Node B ke RNC
- c. Iur : untuk kontrol dan manajemen data exchange antar RNC
- d. Iu : untuk menghubungkan RNC ke GSM fasa 2+ (MSC, VLR,SGSN).

3. CN (*Core Network*)

Core Network berfungsi sebagai *switching* pada jaringan UMTS, manajemen jaringan serta sebagai *interface* antara jaringan UMTS dengan jaringan yang lainnya. Komponen *Core Network* UMTS terdiri dari :

a. MSC (*Mobile Switching Center*)

MSC didesain sebagai *switching* untuk layanan berbasis *circuit switch* seperti *video, video call*.

b. VLR (*Visitor Location Register*)

VLR merupakan database yang berisi informasi sementara mengenai pelanggan terutama mengenai lokasi dari pelanggan pada cakupan area jaringan.

c. HLR (*Home Location Register*)

HLR merupakan database yang berisi data-data pelanggan yang tetap. Data-data tersebut antara lain berisi layanan pelanggan, *service* tambahan serta informasi mengenai lokasi pelanggan yang paling akhir (*Update Location*)

d. SGSN (*Serving GPRS Support Node*)

SGSN merupakan gerbang penghubung jaringan BSS/NODE B ke jaringan GPRS. Fungsi SGSN adalah mengantarkan packet data ke MS, update pelanggan ke HLR, registrasi pelanggan baru.

e. GGSN (*Gateway GPRS Support Node*)

GGSN berfungsi sebagai gerbang penghubung dari jaringan GPRS ke jaringan paket data standard (PDN). GGSN berfungsi dalam menyediakan fasilitas *internetworking* dengan *eksternal packet-switch network* dan dihubungkan dengan SGSN *via Internet Protokol (IP)*.

2.3. Metode *Duplex Dual Mode* Pada UMTS

Dalam sistem transmisi pada komunikasi radio dapat diklasifikasikan ke dalam tiga macam bentuk, yaitu *simplex*, *half duplex*, dan *full duplex*. Pada metode *simplex*, komunikasi yang dilakukan hanya sebatas pada satu arah saja. Contoh dari metode *simplex* dalam sistem seluler adalah penggunaan sistem *paging*, dimana MSC akan mengirimkan suatu pesan kepada seluruh NODE B yang ada didalam pengawasannya guna mencari posisi *mobile station* tertentu. NODE B yang tidak melayani *mobile station* yang dimaksud tidak akan memberikan suatu *acknowledge* kepada MSC, sehingga komunikasi seperti ini hanya bersifat satu arah saja.

Metode *half duplex* mengijinkan suatu komunikasi dilakukan pada satu arah, tetapi menggunakan *channel* radio yang sama baik untuk transmisi maupun untuk penerima, sehingga pada suatu waktu hanya satu pengguna saja yang dapat mengirimkan sinyal informasi. Dalam komunikasi yang bersifat *half duplex* ada suatu pembatasan dalam melakukan komunikasi. Ketidakleluasaan dalam komunikasi *half duplex* dapat dilukiskan dalam kebiasaan seperti *push-to-talk listen* pada suatu komunikasi menggunakan *handy talky*.

Full duplex merupakan suatu komunikasi dua arah yang dapat dilakukan secara simultan. Agar suatu komunikasi dua arah dapat berjalan secara simultan, maka ada dua teknik yang biasa digunakan yaitu *frequency division duplex* (FDD) dan *time division duplex* (TDD). Berdasarkan kesepakatan ETSI, maka teknik radio akses pada UMTS dioperasikan dengan menggunakan dua metode *duplex* yaitu FDD dan TDD. Untuk metode *duplex* FDD UMTS akan menggunakan

WCDMA sedangkan untuk metode *duplex* TDD akan digunakan TD-CDMA. Terdapat dua spektrum dalam UMTS yaitu *paired spectrum* dan *unpaired spectrum*. *Paired spectrum* digunakan untuk metode *duplex* FDD (WCDMA) sedangkan *unpaired spectrum* digunakan untuk metode *duplex* TDD (TD-CDMA).

Sepasang spektrum yang identik yaitu sebesar 60 MHz digunakan untuk keperluan metode *duplex* FDD sedangkan untuk metode *duplex* TDD sebesar 15 MHz dan 20 MHz. Dengan demikian spektrum inti dari UMTS untuk mode FDD dan TDD sebesar 155 MHz. Sedangkan untuk spektrum dari operator, UMTS forum merekomendasikan sebesar 2 x 15 MHz (*paired*) untuk WCDMA dan 5 MHz (*unpaired*) untuk TD-CDMA sebagai alokasi yang sesuai untuk tiap operator. Spektrum sebesar 2 x 15 MHz memperbolehkan untuk membangun struktur sel dengan hirarki yang lengkap dimana terdapat suatu permintaan trafik yang tinggi. Pada kondisi seperti itu maka mengijinkan untuk dibentuk struktur sel campur.

2.3.1. *Frequency Division Duplex (FDD)*

FDD memiliki kemampuan untuk melakukan suatu komunikasi yang simultan antar *mobile station* dengan NODE B. Untuk keperluan ini, maka FDD menyediakan dua *band* frekuensi sebagai *channel* yang terpisah untuk masing-masing pengguna. Satu *band* frekuensi digunakan untuk melayani trafik dari NODE B ke *mobile station* yang dikenal dengan sebutan *forward band*, satu *band* lagi digunakan untuk melayani trafik dari *mobile station* ke NODE B yang biasa disebut dengan *reverse band*.

Suatu Node B menggunakan dua antena yang terpisah, yaitu antena untuk keperluan transmisi dan untuk penerimaan sinyal. Penggunaan dua antena yang terpisah pada Node B diperlukan untuk mengakomodasikan dua *channel* yang terpisah. Sedangkan pada *mobile station* hanya menggunakan satu antena yang difungsikan baik untuk keperluan transmisi atau untuk keperluan sinyal.

Metode FDD sangat cocok digunakan pada jaringan sel yang luas. Jaringan sel tersebut biasanya merukan makrosel, dimana kebanyakan dari pengguna memiliki mobilitas yang tinggi. FDD dapat digunakan untuk layanan suara maupun transmisi data. FDD menyediakan frekuensi secara individual untuk setiap pengguna sehingga meskipun suatu pengguna bergerak dengan mobilitas yang tinggi pada saat melakukan komunikasi, hal tersebut tidak akan menjadi masalah. Makrosel yang menggunakan FDD biasanya digunakan untuk daerah suburban dan rural.

2.3.2. Time Division Duplex (TDD)

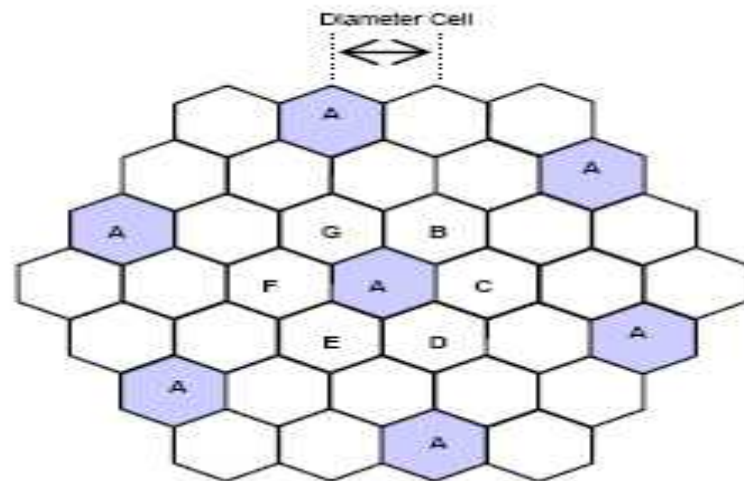
Dalam suatu komunikasi radio dimungkinkan penggunaan secara bersama suatu *channel* berdasarkan pembagian yang dilakukan pada domain waktu. Atas dasar pemikiran inilah yang membuat TDD dapat digunakan sebagai metode *full duplex* dalam menyelenggarakan suatu komunikasi dua arah yang bersifat simultan. Masing-masing penggunaan mempunyai dua *channel* yaitu *forward* dan *reverse* yang terbentuk dari alokasi slot-slot waktu, sehingga TDD mengijinkan dua *channell* tersebut terletak pada *band* frekuensi yang sama.

Metode TDD sangat cocok digunakan untuk diaplikasikan pada jaringan sel kecil. Sel-sel tersebut biasanya merupakan pikosel hingga mikrosel. TDD cocok untuk digunakan pada tingkat kepadatan yang tinggi dengan mobilitas pengguna yang rendah. TDD tidak dapat diterapkan pada pengguna yang memiliki mobilitas yang tinggi pada suatu area pelayanan yang tergolong cukup luas, hal ini dikarenakan bahwa *channel* pada metode duplex TDD menggunakan pemisahan slot-slot waktu yang berarti sangat sensitif sekali terhadap waktu.

TDD tidak dapat memberikan toleransi terhadap *delay*, itu yang disebabkan TDD diaplikasikan pada suatu area pelayanan yang cukup kecil, misalnya didalam gedung perkotaan. Namun demikian TDD merupakan suatu solusi komunikasi *full duplex* dengan biaya rendah dan dapat menghemat penggunaan dari frekuensi.

2.4. Frekuensi Reuse

Masing-Masing sel dialokasikan *band* frekuensi yang akan digunakan untuk keperluan transmisi sinyal. Karena jumlah dari frekuensi yang dialokasikan untuk seluler, maka tidak mungkin mengalokasikan frekuensi yang berbeda pada setiap sel. Untuk mengatasi masalah ini, maka dipakai cara penggunaan kembali frekuensi (*frequency reuse*). Frekuensi *reuse* merupakan pengulangan kembali frekuensi yang sama yang dapat oleh sel lain dimana jarak kedua sel yang menggunakan frekuensi yang sama tersebut diatur sejauh mungkin sehingga pengaruh interferensi antar kanal dapat diminimalkan. (sunomo, 2004, dikutip oleh Imam Aris, 2009).



Gambar 2.2. Frekuensi reuse

(Sumber : www.scribd.com/doc/39321736/frekuensi-reuse-dan-handoff)

Setiap sel akan memiliki sekitar 10-50 frekuensi. Dalam penggunaan frekuensi *reuse*, sel-sel yang menggunakan frekuensi yang sama harus dipisahkan agar tidak menimbulkan interferensi. Seperti terlihat pada gambar 2.2, frekuensi A akan kembali digunakan pada sel yang memiliki jarak yang cukup jauh. Begitu juga dengan frekuensi-frekuensi yang lainnya. Jarak antara dua sel yang memakai frekuensi yang sama telah ditetapkan berdasarkan perhitungan untuk memastikan seminimal mungkin interferensi kedua sel tersebut bila diletakkan pada jarak tertentu. (Lukman, 2003)

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3N} \quad (2.1)$$

Dimana :

D : Jarak minimum sel yang menggunakan *band* frekuensi yang sama (Km)

R : Radius sel (Km)

N : Jumlah sel yang menggunakan frekuensi yang sama (*reuse factor*)

2.5. Interferensi

Sistem komunikasi seluler akan mengalami interferensi jika pengaturan dan manajemen sel tidak baik. Interferensi yang terdapat pada sistem seluler biasanya disebabkan karena frekuensi *reuse* yang berdekatan atau disebut juga dengan *co-channel interference* dan pengaruh frekuensi sel yang berdampingan yang disebut juga dengan *adjacent channel interference*.

2.5.1. Interferensi Co-Channel

Penggunaan frekuensi *reuse* memang sangat membantu bagi sistem jaringan seluler dalam meluaskan daerah pelayanannya. Namun penggunaan kembali frekuensi yang telah digunakan akan menyebabkan interferensi. Interferensi yang terjadi antar sel yang menggunakan frekuensi yang sama biasa dikenal dengan *co-channel interference*.

Tidak seperti *thermal noise* yang dapat dikurangi dengan cara memperbesar daya pada saat sinyal tersebut ditransmisikan. Apabila hal ini diterapkan dengan maksud untuk mengatasi interferensi *co-channel* jelas ini merupakan kesalahan karena dengan memperbesar daya pada sel maka sinyal yang berasal dari sel tersebut akan lebih menyebabkan terjadinya interferensi kepada sel-sel tetangga. Interferensi *co-channel* dapat diatasi dengan cara menyebarkan beberapa sel yang menggunakan frekuensi yang sama pada jarak tertentu berdasarkan persamaan 2.1 di atas.

2.5.2. *Adjacent Channel Interference*

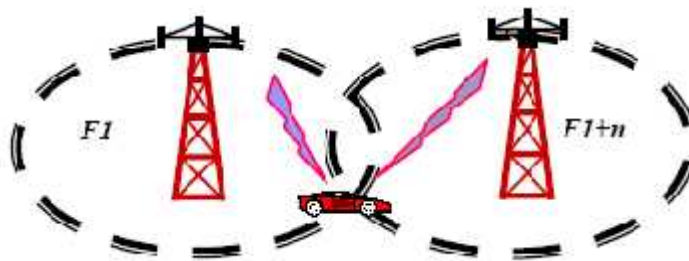
Interferensi kanal bersebelahan atau disebut juga *adjacent channel interference* disebabkan karena pengaruh frekuensi suatu sel yang berdekatan dengan frekuensi sel lainnya. Kedua frekuensi sel yang berdekatan itu akan saling menginterferensi satu dengan yang lain. Interferensi ini sangat umum terjadi apabila filter yang terdapat pada *receiver* kurang sempurna, sehingga *receiver* akan mengizinkan frekuensi yang berasal dari sel tetangganya untuk masuk.

Selain itu interferensi ini juga sering terjadi ketika suatu *channel* pada sel yang berdekatan mengadakan suatu transmisi dan posisi dari *receiver* sangat dekat sekali dengannya, serta pada waktu yang bersamaan *receiver* tersebut berusaha untuk menangkap suatu sinyal. Fenomena yang demikian sering disebut dengan *near-far effect*, dimana *transmitter* akan menutupi suatu *receiver* yang berada didekatnya.

Adjacent channel interference dapat diperkecil pengaruhnya dengan cara menggunakan suatu filter yang persisi pada *receiver*, sehingga *receiver* akan senantiasa menangkap frekuensi yang berada pada sel yang digunakan dan tidak menangkap frekuensi-frekuensi lainnya. Selain itu pembagian frekuensi-frekuensi yang berada dalam satu sel harus dijaga sedemikian rupa sehingga hanya dapat digunakan di sel yang tertentu saja.

2.6. *Handoff*

Pada jaringan seluler terdapat suatu proses atau kejadian ketika mobile station bergerak dari satu sel ke sel yang lainnya. Hal ini dikarenakan pada saat tidak terjadi *drop signal* maka terjadilah proses yang dinamakan dengan proses *handoff* yaitu jika satu unit mobile station bergerak keluar dari *range cell base station* satu ke *range cell base station* yang lainnya selama dalam keadaan terkoneksi.

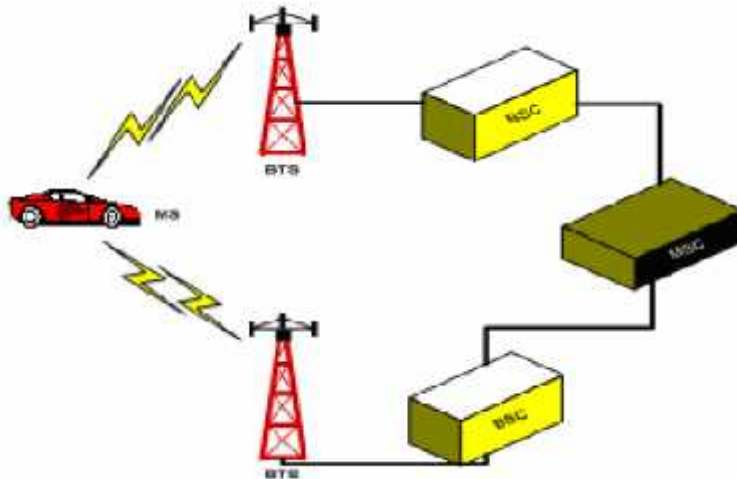


Gambar 2.3. *Handoff*

(Sumber : www.scribd.com/doc/39321736/frekuensi-reuse-dan-handoff)

2.7. **Node B**

Node B sama dengan *Base Station* di dalam jaringan GSM. Node B merupakan perangkat pemancar dan penerima yang memberikan pelayanan radio kepada UE. Fungsi utama node B adalah melakukan proses pada *layer 1* antara lain : *channel coding*, *interleaving*, *spreading*, *de-spreading*, modulasi, demodulasi dan lain-lain. Node B juga melakukan beberapa operasi RRM (*Radio Resource Management*), seperti *handover* dan *power control*.



Gambar 2.4 Struktur Node B

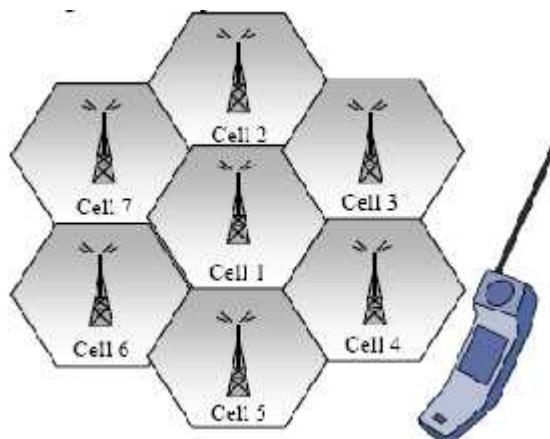
(Sumber : www.scribd.com/doc/393324521/sel-Node-B-wcdma)

Otak yang mengatur lalu-lintas trafik di Node B adalah BSC (*Base Station Controller*). *Location Updating*, penentuan Node B dan proses *handover* pada percakapan ditentukan oleh BSC. Beberapa Node B pada satu region diatur oleh sebuah BSC. BSC-BSC ini dihubungkan dengan MSC (*Mobile Switching Center*). MSC merupakan pusat penyambungan yang mengatur jalur hubungan antar BSC maupun antara BSC dan jenis layanan telekomunikasi lain (PSTN, operator GSM lain, AMPS, dll). Cara kerja dari sebuah Node B adalah suatu Node B mampu menjangkau suatu area dengan batas – batas tertentu dan dibatasi dengan Node B lain. Di karenakan jika suatu Node B ada suatu daerah yang kosong dari jangkauan, maka akan terjadi drop (hilang) daripada sinyal komunikasi. Hal itu akan mengakibatkan daerah tersebut tidak dapat dipakai untuk berkomunikasi. Sedangkan jika ada daerah yang sama – sama dijangkau oleh Node B, maka akan terjadi penanganan antar Node B. Sehingga sinyal tidak sampai terputus.

2.8. SEL

Satu cakupan pancaran Node B dapat disebut sel. Komunikasi seluler adalah komunikasi modern yang mendukung mobilitas yang tinggi. Dari beberapa Node B kemudian dikontrol oleh satu *Base Station Controller* (BSC) yang terhubung dengan koneksi *microwave* ataupun *serat optik*.

Jumlah sel dibagi menjadi dua bagian yaitu sel pada daerah suburban dengan menggunakan metode *duplex* FDD dan pada daerah urban dengan menggunakan metode *duplex* TDD. Sel yang menggunakan FDD berupa makrosel. Makrosel ini terutama digunakan pada daerah dengan trafik rendah dan mobilitas pengguna cenderung tinggi. Sedangkan sel yang menggunakan TDD berupa mikrosel yang cocok menggunakan pada daerah trafik tinggi dan mobilitas pengguna yang rendah.



Gambar 2.5 Bentuk sel

(Sumber : www.scribd.com/doc/393324521/sel-Node-B-wcdma)

2.9. Perencanaan Penempatan Node B Jaringan WCDMA

Perencanaan penempatan Node B jaringan WCDMA pada sistem komunikasi bergerak WCDMA merupakan proses dalam menentukan jumlah dan lokasi Node B yang diperlukan untuk meliputi seluruh daerah pelayanan yang direncanakan. Beberapa aspek yang berperan penting dalam perancangan jaringan diantaranya adalah perencanaan kapasitas Node B, perencanaan jumlah Node B dan *link budget*.

2.9.1. Perencanaan Kapasitas Node B

Perencanaan kapasitas dilakukan untuk memperoleh kebutuhan trafik total dalam area yang direncanakan. Untuk mendapatkan kebutuhan trafik tersebut perlu dilakukan perhitungan prediksi jumlah pelanggan, *bandwidth*, kepadatan pengguna potensial.

2.9.1.1. Prediksi Jumlah Pelanggan

Untuk melakukan perencanaan penempatan *base station* WCDMA, kita juga harus mempertimbangkan kebutuhan dari pelanggan untuk masa yang akan datang, maka untuk mengatasipasi jumlah user atau pelanggan selama periode tersebut diperlukan estimasi pertumbuhan jumlah pelanggan pengguna Node B WCDMA dimasa yang akan datang dengan menggunakan persamaan berikut (Pradnyana, 2008 dikutip oleh Dodi dkk, 2009) :

$$U_n = U_0 (1 + f_p)^n \quad (2.3)$$

Dimana :

U_n : Jumlah user total setelah tahun ke-n (jiwa)

U_0 : Jumlah user saat perencanaan (jiwa)

F_p : Faktor pertumbuhan (%)

n : Jumlah tahun prediksi

2.9.1.2. Bandwidth

Bandwidth layanan menunjukkan seberapa besar trafik yang dibutuhkan pada tiap layanan. Perhitungan *bandwidth* yang dilakukan per *channel*, yaitu untuk *channel uplink* dan *downlink*. Oleh sebab itu selain perhitungannya dipengaruhi oleh faktor *coding*, perhitungan *bandwidth* juga dipengaruhi oleh faktor asimetri yang dimiliki setiap layanan. *Bandwidth* dapat dihitung dengan persamaan berikut ini (Lukman, 2003) :

$$\text{Bandwidth (MHz)} = \text{bit rate (Kbps)} \times \text{faktor coding} \times \text{faktor asimetris} \quad (2.5)$$

2.9.1.3. Kepadatan Pengguna Potensial

Untuk mengetahui kepadatan pelanggan potensial, maka dilakukan perhitungan yang digunakan untuk memperkirakan kepadatan pengguna potensial per Km^2 . Kepadatan pelanggan potensial dapat ditentukan dengan membagi jumlah pengguna potensial dengan luas daerah pendimensian, seperti yang ditunjukkan oleh persamaan berikut ini (Lukman, 2003):

$$\sigma = \frac{\sum \text{user potensial (user)}}{\text{Luas daerah (Km}^2\text{)}} \quad (2.4)$$

Dimana :

σ = Kepadatan pengguna potensial dalam suatu daerah [user/Km^2]

2.9.1.4. Kebutuhan Trafik Total

Setelah mendapatkan kepadatan pengguna potensial dalam suatu daerah, maka dilakukan perhitungan untuk memperkirakan kebutuhan trafik total WCDMA dapat menggunakan *Offered Bit Quantity (OBQ)*. OBQ adalah suatu ukuran yang menunjukkan total bit *throughput* per Km² pada jam sibuk (*busy hour*). Persamaan untuk mendapatkan nilai OBQ ditunjukkan sebagai berikut (Pradnyana, 2008 dikutip oleh Dodi dkk, 2009) :

$$OBQ = \sigma \times p \times d \times BHCA \times BW \quad (2.5)$$

Dimana :

σ : Kepadatan pelanggan potensial dalam satuan daerah [user/km²]

p : Penetrasi pengguna tiap layanan

d : Lama panggilan efektif [s]

BHCA : *Busy hour call attempt* [call/s]

BW : *Bandwidth* tiap layanan [Kbps]

2.9.2. Perencanaan Jumlah Node B

Dalam perancangan penempatan Node B jaringan WCDMA, untuk keperluan menentukan jumlah Node B maka dilakukan perhitungan jumlah sinyal *carrier* dalam satu sel, jumlah total kanal trafik pelanggan per sel, kapasitas total bit informasi per sel, jumlah sel.

2.9.2.1. Jumlah Sinyal *Carrier* per Sel

Dalam perancangan penempatan Node B jaringan WCDMA, untuk keperluan menentukan jumlah perangkat Node B yang dibutuhkan pada suatu daerah perancangan, selain menentukan besar nilai OBQ perlu juga untuk menentukan besar dari kapasitas bit informasi. Langkah pertama yang harus dilakukan dalam perhitungan kapasitas bit informasi adalah melakukan perhitungan jumlah *carrier* dalam satu sel.

Untuk mendapatkan jumlah sinyal *carrier* dalam satu sel dapat menggunakan persamaan berikut ini (dodi dkk, 2009) :

$$N_{carrier} = \frac{W_{total} - W_{guard}}{W_{carrier}} \quad (2.6)$$

Diman :

$N_{carrier}$: Jumlah sinyal *carrier* dalam satu sel (*carrier*/sel)

W_{total} : Besar *bandwidth* total yang dialokasikan setiap sel (MHz)

W_{guard} : Besar dari *guard band* (MHz)

$W_{carrier}$: Besar dari *carrier spacing* (MHz)

2.9.2.2. Jumlah Total Kanal Trafik Pelanggan Per Sel

Setelah didapatkan banyaknya sinyal *carrier* dalam satu sel, maka parameter tersebut digunakan dalam menghitung jumlah total dari kanal trafik/*user traffic channels* per sel. Banyaknya sinyal *carrier* per sel akan dikalikan dengan jumlah total dari kanal trafik per sinyal *carrier* dan hasilnya akan dibagi dengan faktor *rouse* atau jumlah sel yang terdapat dalam satu kluster.

Hasil dari perhitungan ini adalah jumlah total dari kanal trafik setiap sel (Pradnyana, 2008 dikutip oleh Dodi dkk, 2009) :

$$N_{TCH} = \frac{N_{carrier} \times N_{ch}}{F} \quad (2.7)$$

Dimana :

N_{TCH} : Jumlah total kanal trafik pelanggan per sel (user traffic channel/sel)

$N_{carrier}$: Jumlah sinyal *carrier* dalam satu sel (*carrier*/sel)

N_{ch} : Jumlah total kanal trafik per *carrier* (channel/*carrier*)

F : Jumlah sel yg terdapat dalam satu kluster (sel/kluster) = 1 sel/kluster

2.9.2.3. Kapasitas Total Bit Informasi Per Sel

Setelah diketahui jumlah total kanal trafik pelanggan per sel, maka dapat diketahui total bit informasi yang terdapat dalam satu sel. Persamaan untuk menghitung kapasitas total bit informasi yang terdapat dalam satu sel adalah (Pradnyana, 2008 dikutip oleh Dodi dkk, 2009) :

$$IC = N_{TCH} \times Rb \quad (2.8)$$

Dimana :

IC : Kapasitas bit informasi (Kbit/s/sel)

N_{TCH} : Jumlah total kanal trafik pelanggan per sel (user traffic channel/sel)

Rb : bit rate informasi per kanal (Kbit/s) = 16 Kbit/s

2.9.2.4. Jumlah Sel Berdasarkan Kapasitas

Untuk menentukan luas cakupan sel dalam Km^2 , maka dapat dilakukan perhitungan dengan membagi kapasitas informasi sel dengan nilai OBQ dalam Kbps/ km^2 . Dengan didapatkannya luas daerah cakupan sel dalam Km^2 , maka dapat diperoleh jumlah sel yang dibutuhkan. (Lukman, 2003)

$$L = \frac{\text{Kapasitas informasi tiap sel (IC)}}{\text{Offered bit quantity (OBQ)}} \quad (2.9)$$

Dimana :

L : Luas cakupan sel [Km^2/sel]

Persamaan di atas dapat dibuktikan dengan perhitungan satuan tiap parameter. (Lukman, 2003)

$$\frac{\text{Kbps} / \text{sel}}{\text{Kbps} / \text{km}^2} = \frac{\text{Kbit} / (\text{sec ond} \times \text{sel})}{\text{Kbit} / (\text{sec ond} \times \text{km}^2)} = \frac{\text{km}^2}{\text{sel}} \quad (2.10)$$

Dimana $\frac{\text{Km}^2}{\text{Sel}}$ menunjukkan luas cakupan yang dapat ditangani oleh suatu sel. Dengan demikian jumlah sel yang diperlukan dapat cari dengan persamaan (Lukman, 2003) :

$$\text{Jumlah sel} = \frac{\text{Luas area pelayanan}}{\text{Luas cakupan sel}} \quad (2.11)$$

Luas cakupan sel berbentuk heksagonal, sehingga radius sel dapat ditetapkan berdasarkan luas dari heksagonal. Luas dari sel ditunjukkan oleh persamaan dibawah ini (Lukman, 2003):

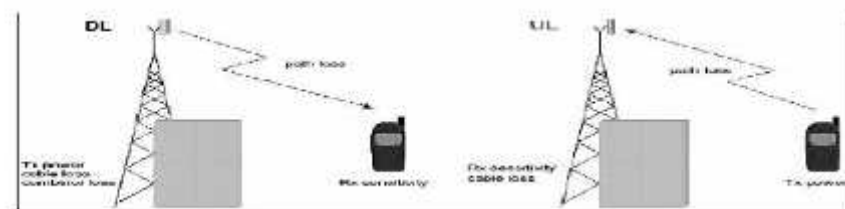
$$\begin{aligned} \text{Luas sel} &= \frac{3}{2} \sqrt{3} r^2 \\ &= 2,6 \times r^2 \end{aligned} \quad (2.12)$$

Dimana :

r : Radius sel (Km)

2.10. Link Budget

Link budget merupakan perhitungan sejumlah daya yang didapat oleh penerima berdasarkan daya output pemancar dengan mempertimbangkan semua *gain* dan *losses* sepanjang jalur transmisi radio dari pemancar ke penerima. *Link budget* bertujuan untuk menghitung area cakupan sel. *Link Budget* radio bertujuan untuk menghitung area cakupan sel. Dimana salah satu parameter yang diperlukan adalah propagasi radio yang memperkirakan rugi-rugi propagasi antara pemancar dan penerima. Parameter lain yang diperlukan adalah daya pancar, *gain* antenna, rugi-rugi kabel, sensitivitas penerima dan lain-lain, seperti ditunjukkan gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Parameter-parameter link budget

(Sumber : lemlit.unila.ac.id/file/arsip9/.../ZZZHerlinawati310-322.pdf)

Dalam sistem komunikasi bergerak, perhitungan dilakukan dua arah yaitu dari *mobile station* ke Node B (uplink) dan dari Node B ke *mobile station* (downlink). Dalam perhitungan *Radio Link Budget* WCDMA, ada beberapa spesifikasi parameter yang digunakan dalam sistem radio akses berbasis TDMA yaitu:

1. *Interference Margin*

Interference Margin diperlukan untuk mengantisipasi *loading* dari *cell* (*load of factor*). Semakin besar *loading* maka semakin besar margin yang dibutuhkan sehingga *coverage*-nya membesar. Biasanya untuk kasus keterbatasan *coverage*, besar *interference margin* adalah 1.0–3.0dB atau sebanding dengan 20–50% *loading*.

2. *Fast Fading Margin (Power Control Headroom)*

Power Control Headroom terdapat di dalam *mobile station* untuk mengantisipasi *fast fading* yang terjadi ketika pergerakan MS lambat (*pedestrian*). Umumnya sekitar 2.0–5.0 dB.

3. *Soft Handover Gain*

Handover, baik *soft* atau *hard* akan memberikan penguatan terhadap *slow fading* (=log normal fading) dengan mengurangi *log normal fading* yang dibutuhkan. Hal ini dikarenakan *slow fading* secara sebagian tidak terhubung di antara BS dan MS memerlukan *hadover*, maka MS dapat memilih BS yang terbaik untuk terkoneksi. *Soft handover* memberikan tambahan *gain* makro *diversity* terhadap *fast fading* dengan relative mengurangi E_b/N_0 pada *single radio link*, karena akibat kombinasi makro *diversity*.

Service yang dipakai *user* juga berpengaruh dalam proses perhitungan ini khususnya untuk parameter *Processing Gain*, oleh karenanya klasifikasi user berdasarkan service dibedakan menjadi :

- Voice dengan menggunakan *codec* AMR 12.2 kbps
- *Real-time data* 144 kbps
- *Non real-time data* 384 kbps

Sedangkan parameter-parameter lainnya, sama seperti perhitungan link budget pada umumnya. Dimana pada perhitungan tersebut terdapat beberapa parameter untuk *Transmitter (Mobile Station)* dan *Receiver (Base Station)* sehingga hasil akhir dari perhitungan ini didapat suatu nilai yang disebut MAPL (*Max. Allowable Propagation Loss*).

2.10.1. Loss

Loss merupakan salah satu hal yang mempengaruhi penghitungan *link budget*. Dalam penghitungan *link budget* terdapat rugi-rugi/*loss* yang berbeda tergantung dari jenis material yang digunakan. Jenis *loss* yang terjadi pada jalur transmisi berupa (Indra dkk, 2008):

a. Cable Loss

Setiap kabel baik dari segi jenis dan juga merek mempunyai rugi-rugi (*loss*) yang berbeda-beda. Semakin besar diameter kabel yang dipakai, maka rugi-rugi (*loss*) yang didapat semakin kecil dan secara tidak langsung akan mempengaruhi daya yang dipancarkan oleh antena.

b. Jumper Loss

Jumper berfungsi untuk menghubungkan antara *feeder* / kabel dengan antena.

Pada ujung-ujung kabel *jumper* yang elastis terdapat sebuah konektor.

c. *Wall Loss / penetration loss*

Dinding juga mempunyai rugi-rugi (*loss*), bahan dasar dinding seperti *Gypsum, Beam, wooden, glass, concrete* atau tembok bata sekalipun mempunyai nilai *loss* yang berbeda.

d. *Body Loss*

Body loss pada WCDMA adalah 0 dB karena menggunakan data card.

2.10.2. Path Loss

Path Loss adalah *loss* yang terjadi ketika data / sinyal melewati media udara dari antenna ke penerima dalam jarak tertentu. *Path loss* dapat timbul disebabkan oleh banyak faktor, seperti kontur tanah, lingkungan yang berbeda, medium propagasi (udara yang kering atau lembab), jarak antara antena pemancar dengan penerima, lokasi dan tinggi antena.

Path loss merupakan komponen penting dalam perhitungan dan analisis desain *link budget* sistem telekomunikasi. Perhitungan *path loss* dengan menggunakan rumus model Cost 231-Hatta. Model Cost 231-Hatta didasarkan atas pengukuran empiris ekstensif yang dilakukan di lingkungan perkotaan dengan jarak antara *mobile station* ke *base station* dibuat teratur, mulai dari jarak 0,1 km sampai dengan jarak 20 km.

Persamaan Hata dapat diringkas sebagai berikut (Indra dkk, 2008) :

$$L_{CH} = 46,33 + 33,9 \times \log(fc) - 13,82 \times \log(h_T) - A(h_R) + \left[44,9 - 6,55 \times \log(h_T) \right] \log(d) + C_m \quad (2.13)$$

Dimana :

$$A(h_R) = [1,1 \times \log(fc) - 0,7] \times h_R - [1,56 \times \log(fc) - 0,8] \quad (2.14)$$

Dengan :

L_{CH} : *Path loss* (dB)

fc : *Frekuensi carier* (MHz)

H_T : Tinggi antena NODE B(m) = 30 m

d : Jarak

$A(h_R)$: *Factor* koreksi dari antena *mobile station*

H_R : Tinggi antena *mobile*

2.10.3. *Effective Isotropic Radiated Power*

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) atau *Equivalent Isotropic Radiated Power* adalah nilai daya yang dipancarkan NODE B untuk menghasilkan puncak daya yang diamati pada arah radiasi maksimum penguatan antena. Rumus EIRP dituliskan (Indra dkk, 2008) :

$$EIRP = Tx \text{ power (dBm)} + Antena \text{ Gain (dBi)} - cable \text{ loss (dB)} \quad (2.15)$$

Dimana :

EIRP : *Effective isotropic radiated power* (dBm)

$Tx \text{ Power}$: *Transmitted power* (dBm)

2.10.4. Received Signal Code Power

Setelah menghitung EIRP dapat juga diketahui nilai dari kuat sinyal (*signal strength*) yang diterima oleh *User Equipment* (UE). Pada WCDMA kuat sinyal atau *Received Signal Code Power* (RSCP) yang diterima oleh pengguna UE berbanding terbalik dengan jarak dari antena pemancar.

Perhitungan daya pancar Node B dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini (Indra dkk, 2008) :

$$\text{RSCP (dBm)} = \text{EIRP} - \text{wall loss} - \text{body loss} - \text{path loss} - \sum (\text{handover} + \text{fading margin}) \quad (2.16)$$

Dimana:

RSCP : *Received signal code power* (dBm)

EIRP : *Effective isotropic radiated power* (dBm)

Fading margin : 4 dB (ketentuan dari PT. Telkomsel)

2.11. Teknik Diversity

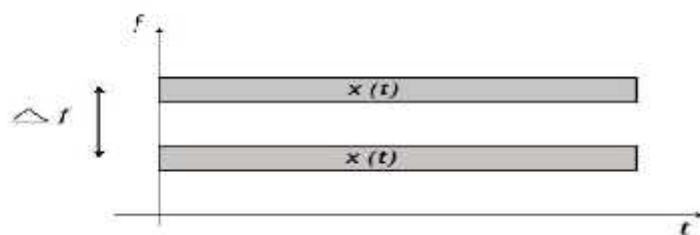
Banyak cara dilakukan untuk mengatasi *fading* pada kanal, salah satu diantaranya adalah melalui *diversity* yaitu teknik transmisi menggunakan lebih dari satu sinyal yang mempunyai satu informasi yang sama dengan harapan masing-masing transmisi memperoleh *fading* yang saling independen sehingga redundansi sinyal dapat digunakan untuk memperoleh performa yang lebih baik. Diversity pada pengirim (*transmit diversity*) dapat berupa *open loop* ataupun *close loop*. Diversity *open loop* tidak mempertimbangkan mengenai kanal sedangkan diversity *close loop* menggunakan estimasi kanal dengan *loop feedback* yang berasal dari receiver.

Diversity dapat dilakukan dengan berbagai cara, beberapa macam diversity diantaranya adalah (Islam, 2005):

1. *Frequency Diversity*
2. *Time Diversity*
3. *Space Diversity*
4. *Space-Time Diversity*

2.12.1. *Frequency Diversity*

Salah satu pendekatan diversitas adalah memodulasi sinyal informasi melalui M-carrier yang berbeda seperti ditunjukkan pada gambar 2.7. Masing-masing carrier harus dipisahkan satu sama lain dengan bandwidth koheren (Δf_c) sehingga salinan sinyal yang berbeda mengalami *fading* yang independent. Pada receiver, M salinan secara optimal dikombinasikan untuk memperoleh statistik bagi pengambilan keputusan. Frequency Diversity dapat digunakan untuk melawan frequency selective *fading*. Karena ketersediaan frekuensi pakai tidaklah lebar, dalam banyak kasus menjadi tidak optimum untuk hanya menggunakan frequency diversity saja.

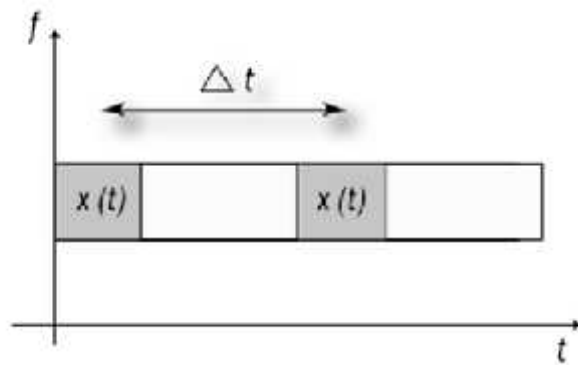


Gambar 2.7. Frequency Diversity

(Sumber : <http://www.digilib.its.ac.id/publicITS-Undergraduate-8608-2206100632-Chapter2.pdf>)

2.12.2. Time Diversity

Cara lain untuk memperoleh diversitas menggunakan waktu seperti ditunjukkan pada gambar 2.8. Pada time diversity sinyal yang sama dikirimkan pada M time slot yang berbeda. Sehingga M salinan sinyal yang sama dikirim pada waktu yang berbeda.



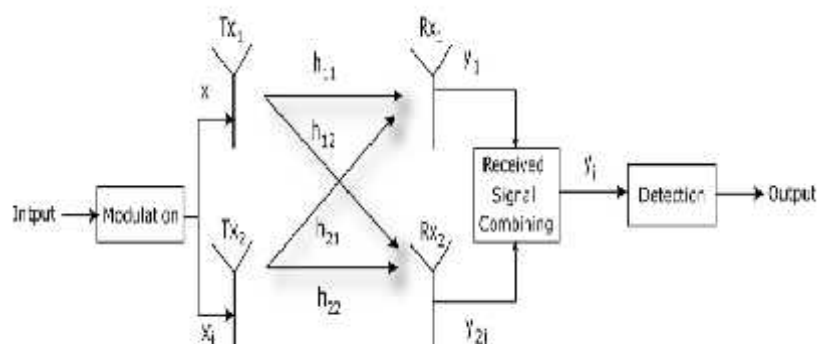
Gambar 2.8. Time Diversity

(Sumber : <http://www.digilib.its.ac.id/publicITS-Undergraduate-8608-2206100632-Chapter2.pdf>)

Pertimbangan yang perlu dilakukan adalah menggunakan perbedaan waktu yang sesuai antar M time slot. Waktu antara dua kejadian yang berurutan pada sinyal yang sama setidaknya harus sama dengan waktu koheren (Δt_c) sehingga salinan-salinan simbol yang sama mengalami *fading* yang independen. Kelemahan pada time-diversity adalah menggunakan lebih banyak waktu yang tidak sesuai pada kasus komunikasi langsung. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan dimensi lain untuk menyediakan waktu ekstra.

2.12.3. Space Diversity

Untuk memperoleh *Space diversity* digunakan beberapa antenna pada lokasi spasial yang berbeda seperti ditunjukkan pada gambar 2.9. Misalnya digunakan M antenna untuk mengirimkan signal pada transmit diversity dan M antenna untuk menerima sinyal pada receive diversity. Keuntungan utama space diversity adalah tidak memerlukan tambahan alokasi waktu ataupun frekuensi untuk memperoleh diversitas.



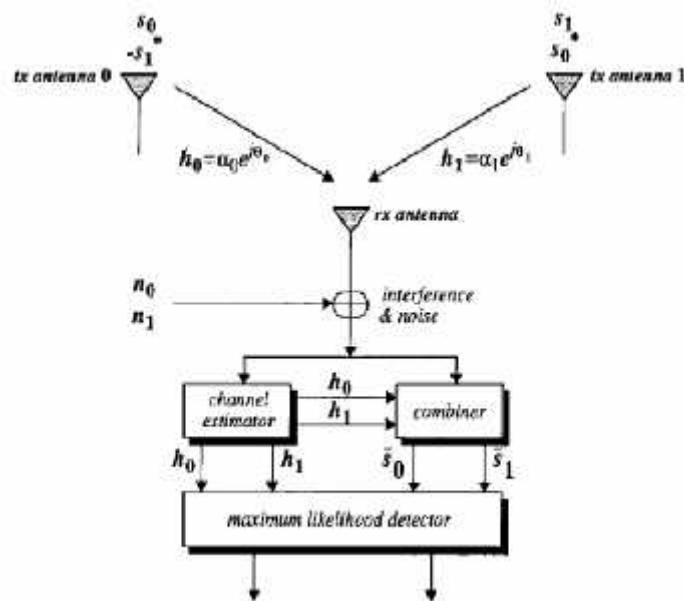
Gambar 2.9. Space Diversity

(Sumber : <http://www.digilib.its.ac.id/publicITS-Undergraduate-8608-2206100632-Chapter2.pdf>)

Kelemahan utama dari space diversity adalah fakta bahwa sinyal berebeda perlu diberikan pada *fading* yang independent. Hal ini berarti antenna harus ditempatkan pada jarak tertentu sehingga sinyal yang diterima atau ditransmisikan melalui kanal yang tidak berkorelasi. Jika antenna ditempatkan tanpa pengaturan jarak yang sesuai maka semua antenna akan melalui jalur yang hampir sama. Sehingga salinan sinyal yang diterima akan berkorelasi hasilnya keuntungan diversitas tidak dapat diperoleh.

2.12.4. Space-Time Diversity

Untuk lebih meningkatkan kualitas sinyal dengan diversity sinyal dapat disusun secara multi-dimensi seperti sistem space-time pada gambar 2.9 yang diperkenalkan oleh Alamouti. Disini digunakan dua antenna pemancar dan sebuah antenna penerima dimana masing-masing pemancar mengirimkan dua informasi sinyal yang sama secara bergantian. Metode ini mampu meningkatkan keuntungan diversity sehingga dapat memperbaiki performansi BER (Alamouti, 1998).



Gambar 2.10. Space Time Diversity

(Sumber : <http://www.digilib.its.ac.id/publicITS-Undergraduate-8608-2206100632-Chapter2.pdf>)

2.12. Visualisasi Cakupan Wilayah

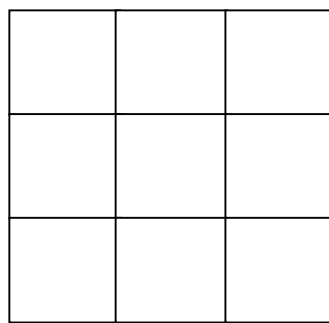
Wilayah cakupan pelayanan jaringan WCDMA terbagi atas daerah-daerah kecil yang disebut dengan sel, dan disetiap sel terdapat BS (*Base Stations*). Kumpulan sel tersebut kluster.

Target yang ingin dicapai dalam perencanaan ini adalah dapat memvisualisasikan cakupan wilayah dalam bentuk heksagonal. Visualisasi sel dalam perencanaan Node B jaringan WCDMA pada sebuah peta memiliki ketentuan skala dan disesuaikan pada titik koordinatnya. Banyaknya jumlah sel yang ditampilkan pada peta didapatkan berdasarkan perhitungan yang dilakukan.

Cakupan wilayah pelayanan (*coverage area*) pada WCDMA bentuknya tidak beraturan. Pada prakteknya cakupan wilayah WCDMA sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan bumi, propagasi gelombang dan kondisi sekelilingnya. Untuk pendekatan analisis, cakupan wilayah WCDMA disimbolkan dalam bentuk persegi empat, segitiga, lingkaran, dan bentuk heksagonal.

2.12.1. Bentuk Cakupan Segi Empat

Bentuk persegi empat seperti yang terlihat pada gambar 2.5 memiliki keterbatasan yaitu adanya tumpang tindih atau bahkan tidak dapat dijangkau oleh NODE B karena jangkauan Node B membentuk lingkaran dengan penggunaan *antenna omni-directional*.

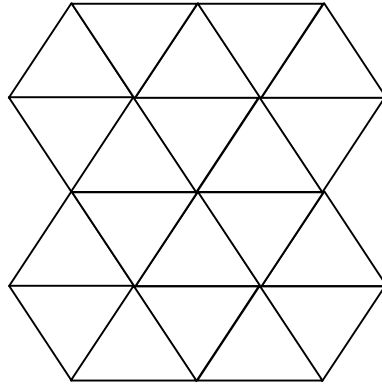


Gambar 2.5. Bentuk cakupan segi empat

(Sumber:<http://mobileindonesia.wordpress.com>)

2.12.2. Bentuk Cakupan Segitiga

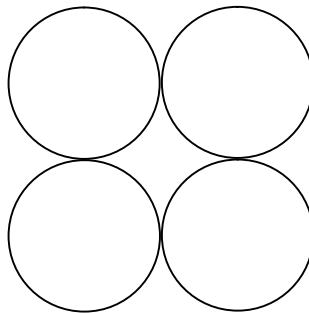
Dalam menjangkau daerah pelayanan, bentuk cakupan segitiga seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 memerlukan lebih banyak pengulangan dibandingkan dengan bentuk segi empat dan bentuk heksagonal, sehingga pengulangan segitiga kurang praktis untuk diterapkan.



Gambar 2.6. Bentuk cakupan segitiga

(Sumber:<http://mobileindonesia.wordpress.com>)

2.12.3. Bentuk Cakupan Lingkaran

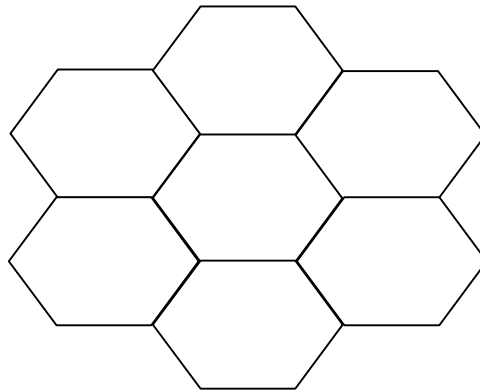


Gambar 2.7. Bentuk cakupan lingkaran

(Sumber:<http://mobileindonesia.wordpress.com>)

Pendekatan lain untuk daerah layanan adalah dalam bentuk lingkaran. Bentuk lingkaran memiliki kelemahan yaitu adanya tumpang tindih daerah pelayanan apabila digunakan lebih dari satu lingkaran untuk dapat mencakup daerah yang luas.

2.12.4. Bentuk Cakupan Heksagonal



Gambar 2.7. Bentuk cakupan lingkaran

(Sumber:<http://mobileindonesia.wordpress.com>)

Bentuk yang sering digunakan untuk menggambarkan bentuk daerah pelayanan pada komunikasi seluler adalah bentuk heksagonal. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.6. diatas.

Pendekatan daerah pelayanan bentuk heksagonal memiliki beberapa keuntungan antara lain (Gunawan dkk, 2008 dikutip oleh Imam Aris, 2009) :

- a. Tidak adanya tumpang tindih pada daerah pelayanan
- b. BS yang diperlukan sedikit
- c. Antena pemancar yang diperlukan pada BS sedikit
- d. Biaya yang lebih murah dibandingkan dengan bentuk segi empat, lingkaran atau segitiga.

BAB III

PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

Pada bab ini akan dijelaskan analisa perencanaan penempatan Node B jaringan WCDMA yang diterapkan di Kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru. Pembahasan akan meliputi metode perhitungan perencanaan kapasitas, perencanaan jumlah Node B, dan *Radio link*. Pada bab ini akan diberikan gambaran mengenai kondisi dan situasi dari kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru.

3.1. Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru

Kawasan ini dikenal sebagai salah satu pusat bisnis Kota Pekanbaru. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya terdapat hotel-hotel sebagai salah satu penunjang pergerakan bisnis. Kawasan ini berada di antara Kecamatan Pekanbaru Kota dan Kecamatan Sail. Di daerah ini terdapat pelabuhan penumpang Sungai Duku dengan tingkat pelayanan yang cukup tinggi baik domestik dan internasional, khususnya transit Pekanbaru - Malaka, Malaysia.

Kecamatan Lima Puluh terletak pada titik koordinat $0^{\circ}33'$ LU dan $101^{\circ}28'22,9''$ BT dan terdiri dari empat kelurahan yaitu Rintis, Sekip, Tanjung Rhu dan Pesisir serta memiliki luas wilayah $4,04 \text{ Km}^2$. Jumlah penduduk pada tahun 2010 sebanyak 31.374 jiwa dan pada tahun 2011 jumlah penduduk sebanyak 39.540 jiwa. Kepadatan penduduk di Kecamatan Lima Puluh sebesar

8.166 jiwa/km² dengan faktor pertumbuhan penduduk sebesar 25,89% (Kecamatan Limapuluh, 2011).

Batas wilayah Kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru yaitu sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Rumbai Pesisir, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Sail dan Kecamatan Pekanbaru Kota, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Senapelan dan sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Tenayan Raya.

Table 3.1. Jumlah Penduduk Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru Tahun 2011

Usia	Jumlah Penduduk (jiwa)	% dari populasi
0 – 14th	8.620	21,8%
15 – 54th	25.216	63,77%
>54th	5.704	14,43%

Sumber : Kantor Camat Limapuluh Kota Pekanbaru (diolah)

Table 3.2. Luas Wilayah Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru

Kelurahan	LUAS (Km ²)
Rintis	0,68
Tanjung Rhu	1,68
Pesisir	0,86
Sekip	0,82

Sumber : Kantor Camat Limapuluh Kota Pekanbaru (2011)

3.1.1. Wilayah Penempatan Jaringan WCDMA

Wilayah penempatan ini penting untuk mengetahui metode *duplex* yang akan diterapkan pada suatu area. Perencanaan penempatan Node B jaringan WCDMA pada kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru. Pada tugas akhir ini, wilayah penempatan Node B jaringan WCDMA dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1. Peta Wilayah Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru

Sumber : Kantor Camat Limapuluh Kota Pekanbaru

3.2. Perencanaan Kapasitas

3.2.1. Prediksi Jumlah Pelanggan

Pada tahun 2011 populasi penduduk yang berumur 15-54 tahun yaitu sebanyak 63,77% berdasarkan data yang diperoleh di Kantor Camat Kecamatan Limapuluh yang diolah. Dengan asumsi bahwa penduduk yang berumur 15-54 tahun yang memiliki handset WCDMA, selain itu dianggap tidak memberikan trafik. Sehingga jumlah penduduk yang memiliki *mobile stations* di Kecamatan Limapuluh adalah 63,77% dari total jumlah penduduk yaitu penduduk yang memiliki umur 15-55 tahun yaitu $63,77\% \times 39.540 = 25.214,65 = 25.215$ user.

Jumlah pelanggan GSM seluruhnya di Kecamatan Limapuluh diasumsikan sebanyak 80% dari total pengguna *mobile stations* yaitu $25.215 \times 80\% = 20.172$ user. Terdapat 4 operator GSM di Kecamatan Limapuluh dimana jumlah user GSM masing-masing operator dianggap sama. Sehingga jumlah pelanggan GSM untuk tiap operator yaitu $20.172 \text{ user} / 4 = 5.403 \text{ user}$.

Prediksi jumlah pelanggan dilakukan tiap tahun karena jumlah pelanggan WCDMA dipengaruhi oleh faktor laju pertumbuhan penduduk, tingkat penetrasi seluler dan penetrasi layanan WCDMA terhadap sistem lainnya. Sehingga didapatkan estimasi jumlah pelanggan WCDMA yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.3. Prediksi Jumlah Pelanggan WCDMA hingga 3 tahun kedepan (2014)

Tahun	Jumlah Penduduk (A) (user)	Jumlah Pelanggan Seluler (B=Ax63,77%) (user)	Jumlah Pelanggan GSM (C=Bx80%) (user)	Jumlah Pelanggan per Operator (D=B/4) (user)	Penetrasi Layanan WCDMA (E) (user)	Jumlah Pelanggan WCDMA (F=D x E) (user)
2011	39.540	25.215	20.172	5.403	0%	-
2012	49.766	31.376	25.100	6.275	5%	314
2013	62.650	39.395	31.962	7.990	15%	959
2014	78.870	50.295	40.236	10.059	25%	2.514

3.2.2. Kebutuhan Trafik Layanan WCDMA

Tiap daerah area penempatan akan di bagi berdasarkan kecepatan pergerakan usernya. Pembagian ini dilakukan karena tipe area memiliki nilai OBQ yang berbeda-beda akibat perbedaan ini penetrasi pengguna tiap layanan, lama panggilan efektif dan *busy hour call attempt*. Selain itu, jenis layanan yang ditawarkan juga memberikan nilai OBQ yang berbeda akibat bit rate yang berbeda dari tiap layanan. Berikut ini adalah tabel yang dikeluarkan oleh *International Telecommunication Union* (ITU) untuk membantu perhitungan OBQ.

3.2.2.1. Klasifikasi Jenis Layanan WCDMA

Tabel 3.4. Klasifikasi Jenis Layanan WCDMA

Symbol	Service Type	Transport Methode
S	Voice	Circuit Switch
SM	Data	Packet

Sumber : ITU (*International Telecommunication Union*)

Tabel 3.5. Bit rate user tiap detik

Net User Bit Rate		
Service Type	Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)
Voice	12,2	12,2
Data	144	144

Sumber : ITU (*International Telecommunication Union*)

3.2.2.1. Penetrasi Layanan

Penetrasi layanan adalah estimasi yang digunakan untuk memperkirakan penggunaan setiap layanan oleh pelanggan. Pelanggan potensial akan menggunakan layanan WCDMA sesuai dengan kebutuhan masing-masing sehingga ada kemungkinan bahwa suatu layanan WCDMA tertentu lebih banyak dipergunakan daripada layanan yang lain. Penetrasi layanan ini akan menunjukkan berapa banyak pengguna yang memakai setiap layanan WCDMA tersebut.

Setiap area WCDMA akan memiliki penetrasi layanan tersendiri yang berbeda dengan daerah lainnya, karena penetrasi layanan ditetapkan berdasarkan kondisi dan situasi yang dimiliki setiap daerah. Tetapi hal yang paling mendasar yang menentukan penetrasi layanan adalah kepadatan trafik setiap area. Penetrasi layanan diterapkan dalam penempatan Node B WCDMA dengan tujuan untuk mendapatkan efektifitas dan efisiensi dalam segala aspek.

Tabel 3.6. Tingkat Penetrasi WCDMA Pada Daerah Suburban Dan Urban

Penetration Rate (%)		
Service Type	Suburban	Urban
Voice	70	70
Data	30	30

Sumber : ITU (*International Telecommunication Union*)

3.2.2.2. *Busy Hour Call Attempt (BHCA)*

Jumlah panggilan selama jam sibuk atau *busy hour call attempt (BHCA)* menunjukkan rasio antara jumlah semua pengguna yang melakukan panggilan pada jam sibuk dengan jumlah keseluruhan pengguna yang terdapat pada daerah tersebut. Suatu pengguna tidak akan menggunakan suatu layanan WCDMA secara terus menerus, oleh sebab itu waktunya akan dibatasi dengan menggunakan banyak panggilan selama jam sibuk. Panggilan pada jam sibuk merupakan *bad worst condition* apabila hal ini sudah dapat ditangani oleh jaringan WCDMA yang dirancang, maka jaringan tersebut sudah dapat menangani keseluruhan waktu pada hari itu.

Tabel 3.7. Busy Hour Call Attempt (BHCA)

Busy Hour Call Attempt (BHCA)		
Service Type	Suburban (call/hour)	Urban (call/hour)
Voice	0,63	0,9
Data	0.035	0.06

Sumber : ITU (*International Telecommunication Union*)

Tabel 3.8. Durasi panggilan

Call Duration		
Service Type	Suburban	Urban
Voice	60	60
Data	300	300

Sumber : ITU (*International Telecommunication Union*)

Tabel 3.9. Faktor Aktifitas layanan

Activity Factor (Kbps)		
Service Type	Uplink	Downlink
Voice	0,5	0,5
Data	1	1

Sumber : ITU (*International Telecommunication Union*)

Tabel 3.10. Faktor Coding dan Asimetris layanan

Faktor Coding dan Asimetris						
Service Type	Building		Pedestrian		Vehicular	
	<i>Coding Factor</i>	<i>Asimetri Factor</i>	<i>Coding Factor</i>	<i>Asimetri Factor</i>	<i>Coding Factor</i>	<i>Asimetri Factor</i>
Voice	1	1	1	1	1	1
Data	1	1	1	1	1	1

Sumber : ITU (*International Telecommunication Union*)

3.2.3. Durasi Panggilan Efektif

Durasi panggilan efektif menunjukkan durasi suatu koneksi yang dihitung pada suatu koneksi tersambung sampai saat koneksi tersebut terputus. Dalam melakukan perhitungan durasi panggilan efektif, maka terdapat suatu sesi waktu yang digunakan untuk inisialisasi koneksi terhadap *server* dimana sebenarnya koneksi tersebut belum terjadi. Sesi waktu tersebut tidak boleh diperhitungkan dalam durasi panggilan efektif.

Untuk mengatasi ini, maka perhitungan durasi panggilan efektif digunakan suatu *activity factor*. *Activity factor* ini menunjukkan suatu persentase pendudukan waktu pada saat inisialisasi panggilan dilakukan oleh pengguna terhadap rata-rata durasi panggilan, sehingga perkalian dari *activity factor* dengan rata-rata durasi panggilan akan menghasilkan suatu nilai yang menunjukkan durasi panggilan efektif.

Tabel 3.11. Perhitungan Durasi Panggilan Efektif

Service Type	<i>Activity Factor</i>	Rata-rata Durasi Panggilan (s)	Durasi Panggilan Efektif (s)
Voice	0,5	120	60
Data	1	300	300

Sumber : ITU (*International Telecommunication Union*)

3.2.4. Bandwidth

Untuk menghitung besarnya *bandwidth* digunakan persamaan (2.3) sehingga untuk setiap jenis layanan mempunyai *bandwidth* yang ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 3.12. Perhitungan *Bandwidth* Jaringan WCDMA

Service Type	<i>Bit rate</i> <i>Uplink/Downlink</i> (Kbps)	Faktor <i>Coding</i> <i>Uplink/Downlink</i>	Faktor Asimetri <i>Uplink/Downlink</i>	<i>Bandwidth</i> <i>Uplink/Downlink</i> (Kbps)
Voice	12,2 / 12,2	1 / 1	1 / 1	12,2 / 12,2
Data	144 / 144	1	1 / 1	144 / 144

3.2.5. Kepadatan Pengguna Potensial

Untuk menentukan pengguna potensial jaringan WCDMA di kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru, maka digunakan estimasi prediksi jumlah pelanggan jaringan WCDMA pada tahun 2014 yaitu sebanyak 2.514 user. Kepadatan pelanggan potensial per Km² di kecamatan Limapuluh dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.4). dengan demikian kepadatan pengguna potensial kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru adalah :

$$\sigma = \frac{\sum \text{user potensial}}{\text{Luas daerah}} = \frac{2.514}{4,04} = 622 \text{ user/Km}^2$$

3.2.6. Kebutuhan Trafik Total

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan OBQ untuk wilayah kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru adalah sebagai berikut :

- Jumlah pengguna potensial adalah 2514 user
- Kepadatan pengguna potensial adalah 622 user/Km²
- Penetrasi layanan, BHCA, dan durasi panggilan efektif mengikuti asumsi yang telah dibuat oleh ITU (*International Telecommunication Union*)
- Bandwidth* yang digunakan adalah *bandwidth downlink* dengan tujuan dapat diketahui trafik maksimum.

Perhitungan OBQ dapat dilihat pada tabel 3.13 berikut ini :

Tabel 3.13 Perhitungan OBQ

Layanan	user/Km ²	Penetrasi layanan	BHSC (call/hour)	Durasi Panggilan efektif (s/call)	Bandwidth (Kbps)	OBQ
Voice	622	0,7	0,63	60	12,2	200.789
Data	622	0,3	0,035	300	144	282.139
OBQ Total vehicular total					482.928 Kbit/hour/Km2 = 134 15 Kbps/Km2	

3.3. Perencanaan Jumlah Node B

3.3.1. Jumlah Sinyal *Carrier* Dalam Satu Sel

Parameter-parameter yang digunakan untuk perhitungan jumlah sinyal *carrier* dalam satu sel sebagai berikut (Lukman, 2003):

1. *Bandwidth* minimum yang digunakan oleh operator sesuai dengan rekomendasi UMTS Forum yaitu 2 x 15 MHz.
2. *Carrier spacing* adalah sebesar 5 MHz

$$N_{\text{carrier}} = \frac{W_{\text{total}} - W_{\text{guard}}}{W_{\text{carrier}}} = \frac{15}{5} = 3 \text{ carrier/sel}$$

3.3.2. Jumlah Total Kanal Trafik Pelanggan Per Sel

Parameter-parameter yang digunakan untuk perhitungan jumlah total kanal trafik pelanggan per sel sebagai berikut (Lukman, 2003):

1. Jumlah sinyal *carrier* dalam satu sel adalah 3 carrier/sel
2. Dalam sebuah kluster terdapat 1 sel operasi untuk WCDMA
3. Jumlah kode dalam setiap *time slot* adalah 8 kode CDMA

$$N_{\text{TCH}} = \frac{N_{\text{carrier}} \times N_{\text{ch}}}{F} = \frac{3 \times 8}{1} = 24 \text{ channel/sel}$$

3.3.3. Kapasitas Total Bit Informasi Per Sel

Parameter-parameter yang digunakan untuk perhitungan kapasitas total bit informasi per sel sebagai berikut (Lukman, 2003):

1. Jumlah total kanal trafik pelanggan per sel adalah 24 channel/sel
2. *Bit rate* rata-rata per kode CDMA sebesar 16 Kbit/s

$$IC = N_{TCH} \times Rb = 24 \times 16 = 384 \text{ Kbit/sel}$$

3.3.4. Jumlah Sel

Parameter-parameter yang digunakan untuk perhitungan jumlah sel yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. OBQ total sebesar $482.928 \text{ Kbit/hour/Km}^2 = 134,15 \text{ Kbps/Km}^2$
2. Kapasitas bit informasi adalah 384 Kbit/sel
3. Luas area kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru adalah $4,04 \text{ Km}^2$

Jumlah sel yang dibutuhkan di wilayah kecamatan Limapuluh adalah :

$$\text{Luas cakupan sel} = \frac{\text{Kapasitas informasi tiap sel (IC)}}{\text{Offered bit quantity (OBQ)}} = \frac{384}{134,15} = 2,86 \text{ Km}^2/\text{sel}$$

Dengan luas wilayah sebesar $4,04 \text{ Km}^2$, maka jumlah sel pada wilayah kecamatan Limapuluh adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah sel} = \frac{\text{Luas area pelayanan}}{\text{Luas cakupan sel}} = \frac{4,04}{2,86} = 1,4 \text{ sel} = 2 \text{ sel}$$

Jumlah sel untuk kecamatan Limapuluh adalah 2,25 sel dan dilakukan pembulatan menjadi 2 sel dengan asumsi bahwa lebih baik kelebihan sel dari pada kekurangan jumlah sel sehingga seluruh area tercover dengan maksimal (SISKOMSEL, 2011).

$$\text{Radius sel} = \sqrt{\frac{\text{Luas sel}}{\frac{3}{2}\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{2,86}{2,6}} = 1,04 \text{ Km}$$

3.4. Radio Link

3.4.1. Parameter Perhitungan Link Budget

Sebelum menghitung *link budget* WCDMA *downlink* (untuk data), perlu diketahui parameter – parameter perhitungan *link budget* dan analisis spesifikasi material yang digunakan. Parameter yang mempengaruhi perhitungan *link budget*, seperti Tabel 3.14. (Data dari PT. Telkomsel, Herlinawati, 2008 dan Jetri, 2008).

Table 3.14. Table Parameter Link Budget

Parameter	Nilai / Satuan
Maximum mobile Tx power (dBm)	0.125 W = 20,9691 dBm
Maximum Node B Tx power (dBm)	43 dBm
Frequency	1940 MHz (Up Link) 2130 MHz (Down Link)
Wall loss	18 dB
Cable loss	3 dB
Antenna gain Node B	0 dB (Reverse) 18 dB (Fordward)
Tinggi antenna Node B	50 m
Tinggi antenna MS (<i>hm</i>)	1,5 m
Fading margin	4 dB
Thermal noise density	-173,98 dBm/Hz
BS receiver noise figure	5 dB
Interference margin (50 % loading) (dB)	4 dB
Required Eb/No (dB)	3 dB
Log normal fading margin (dB)	7,5 dB
Soft handoff gain (dB), multi-cell	3 dB
Penetration loss in car(dB)	10 dB
Indoor penetration loss (dB)	3 dB

Sumber : PT. Telkomsel, Herlinawati, 2008 dan Jetri, 2008

3.4.4. *Effective Isotropic Radiated Power*

Dari nilai parameter-parameter pada tabel 3.14 diatas, maka Effective Isotropic Radiated Power untuk reverse link budget adalah :

$$\begin{aligned} \text{EIRP} &= \text{Tx power (dBm)} + \text{Antena Gain (dBi)} - \text{cable loss (dB)} \\ &= 20,9691 + 0 \text{ dBi} - 3\text{dB} \\ &= 17,9691 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Effective Isotropic Radiated Power untuk forward link budget adalah :

$$\begin{aligned} \text{EIRP} &= \text{Tx power (dBm)} + \text{Antena Gain (dBi)} - \text{cable loss (dB)} \\ &= 43\text{dBm} + 18 \text{ dBi} - 3\text{dB} \\ &= 58 \text{ dBm} \end{aligned}$$

3.4.5. *Wall Loss / Penetrasi Loss dan Body Loss*

Wall loss adalah rugi-rugi yang terdapat pada material seperti dinding sehingga mengurangi kekuatan sinyal dari antena, nilai *wall loss* yang ditentukan oleh PT. Telkomsel adalah sebesar 18 dB. Sedangkan nilai *body loss* untuk WCDMA (untuk data) adalah 0 dB.

3.4.6. *Path loss*

Nilai *path loss* untuk *reverse link budget* dapat menggunakan persamaan (2.16) sehingga :

$$\begin{aligned} L_{\text{Hata}} &= 46,33 + 33,9 \times \log(fc) - 13,82 \times \log(h_T) - A(h_R) + \\ &\quad [44,9 - 6,55 \times \log(h_T)] \log(d) + C_m \end{aligned}$$

Dimana :

Frekuensi carier, $f_c = 1950$ Mhz

Tinggi antenna, $h_T = 50$ m

Tinggi antenna *mobile*, $h_R = 1,5$ m

$C_m = 0$ dB (untuk kota menengah dan kota urban)

$d = 1,04$ Km

Berdasarkan persamaan (2.16) tersebut, perlu dihitung nilai faktor koreksi dari antenna *mobile station* $A(h_m)$ terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan (2.17) dimana nilai tinggi antenna *mobile* adalah 1,5m sesuai dengan parameter yang terdapat pada tabel 3.14.

$$\begin{aligned} A(h_R) &= [1,1 \times \log(f_c) - 0,7] \times h_R - [1,56 \times \log(f_c) - 0,8] \\ &= [1,1 \times \log 1950 - 0,7] \times 1,5 - [1,56 \times \log 1950] - 0,8 \\ &= 4,37 - 4,33 \\ &= 0,04 \text{ dB} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan faktor koreksi dari antenna *mobile station* $A(h_m)$ diatas sebesar 0,03754 dB, dan berdasarkan data dari PT. Telkomsel pada Tabel 3.14, dengan nilai frekuensi (f) yang digunakan adalah 1950 MHz, tinggi antenna Node B (h_T) 50 m dan tinggi antenna *mobile* (h_R) 1,5 m dengan jarak antar Node B (d) sejauh 0,91 Km, maka dapat dimasukkan kedalam persamaan (2.17) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L_{\text{Hata}} &= 46,33 + 33,9 \times \log(f_c) - 13,82 \times \log(h_T) - A(h_R) + [44,9 - 6,55 \times \log(h_T)] \log(d) + C_m \\ &= 46,33 + 33,9 \times \log 1950 - 13,82 \times \log 50 - 0,04 + [44,9 - 6,55 \times \log 50] \log 0,91 + 0 \\ &= 157,86 - 23,47 - 0,4 + 0,56 \\ &= 130,94 \text{ dB} \end{aligned}$$

Nilai *path loss* untuk *Forward link budget* dapat menggunakan model Hata dapat dilihat pada persamaan (2.16) sehingga :

$$L_{\text{Hata}} = 46,33 + 33,9 \times \log(fc) - 13,82 \times \log(h_T) - A(h_R) + [44,9 - 6,55 \times \log(h_T)] \log(d) + C_m$$

Dimana :

Frekuensi carier, $fc = 2130$ Mhz

Tinggi antenna, $h_T = 50$ m

Tinggi antenna *mobile*, $h_R = 1,5$ m

$C_m = 0$ dB (untuk kota menengah dan kota surburban)

Radius sel = 1,04 Km

Berdasarkan persamaan (2.16) tersebut, perlu dihitung nilai faktor koreksi dari antenna *mobile station* $A(h_m)$ terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan (2.17) dimana nilai tinggi antenna *mobile* adalah 1,5m sesuai dengan parameter yang terdapat pada tabel 3.14.

$$\begin{aligned} A(h_R) &= [1,1 \times \log(fc) - 0,7] \times h_R - [1,56 \times \log(fc) - 0,8] \\ &= [1,1 \times \log 2130 - 0,7] \times 1,5 - [1,56 \times \log 2130] - 0,8 \\ &= 4,44 - 4,39 \\ &= 0,05 \text{ dB} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan faktor koreksi dari antenna *mobile station* $A(h_m)$ diatas sebesar 0,05 dB, dan berdasarkan data dari PT. Telkomsel pada Tabel 3.14, dengan nilai frekuensi (fc) yang digunakan adalah 2130 MHz, tinggi antenna Node B (h_T) 50 m dan tinggi antenna *mobile* (h_R) 1,5 m dengan jarak antar Node B (d)

sejauh 1,04 Km, maka dapat dimasukkan kedalam persamaan (2.17) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L_{\text{Hata}} &= 46,33 + 33,9 \times \log(f_c) - 13,82 \times \log(h_T) - A(h_R) + [44,9 - 6,55 \times \log(h_T)] \log(d) + C_m \\
 &= 46,33 + 33,9 \times \log 2130 - 13,82 \times \log 50 - 0,05 + [44,9 - 6,55 \times \log 50] \log 0,91 + 0 \\
 &= 159,16 - 23,47 - 0,05 + 0,56 \\
 &= 136,2 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

3.4.7. *Handover dan Fading Margin*

Pada WCDMA tidak terjadi perpindahan sinyal dari Node B ke Node B yang lain. Dengan demikian nilai *handover*nya adalah 0 dB. Sedangkan *fading margin* adalah 4 dB sinyal komunikasi yang terkadang dipantulkan sekali bahkan beberapa kali.

3.4.8. *Received Signal Code Power (RSCP)*

Received Signal Code Power (RSCP) merupakan nilai kuat sinyal yang diterima oleh user, dimana :

$$\text{EIRP} = 58 \text{ dB}$$

$$\text{Wall loss} = 18 \text{ dB}$$

$$\text{Path loss} = 136,2 \text{ dB}$$

$$\text{Fading margin} = 0 \text{ dB}$$

RSCP dapat dihitung dengan memasukkan semua nilai yang telah dihitung berdasarkan persamaan (2.16).

$$\begin{aligned}
 \text{RSCP (dBm)} &= \text{EIRP} - \text{wall loss} - \text{body loss} - \text{path loss} - \\
 &\quad \sum (\text{handover} + \text{fading margin}) \\
 &= 58 \text{ dBm} - 18 \text{ dB} - 0 \text{ dB} - 99,64 \text{ dB} - (0 \text{ dB} + 4 \text{ dB}) \\
 &= -75,64 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

BAB IV

HASIL PERENCANAAN

Pada bab ini target yang akan dicapai adalah memvisualisasikan cakupan wilayah dalam bentuk heksagonal. Hasil dari visualisasi cakupan wilayah tersebut didapat berdasarkan perhitungan dari perencanaan kapasitas, perencanaan jumlah Node B, dan *link budget*.

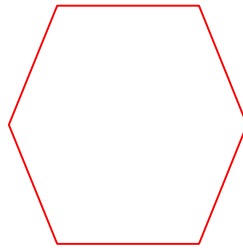
4.1. Spesifikasi Hasil Perhitungan

Tabel 4.1 Spesifikasi Hasil Perhitungan Parameter Perencanaan Kapasitas,
Perencanaan Jumlah Node B, dan *RadioLink*

No.	Parameter Perancangan	Hasil Penghitungan
Perencanaan Kapasitas		
1.	Prediksi jumlah pelanggan	2.514 user
2.	Bandwidth	Voice = 12,2 Kbps Data = 144 Kbps
3.	Kepadatan pengguna potensial	67 user/Km ²
4.	Kebutuhan trafik (OBQ)	1.469.542 Kbit/hour/Km ² = 408 Kbps/km ²
Perencanaan Jumlah Node B		
1.	Jumlah sinyal carrier dalam satu sel	3 carrier/sel
2.	Jumlah total kanal trafik pelanggan per sel	24 channel/sel
3.	Kapasitas total bit informasi per sel	384 Kbit/sel
4.	Luas cakupan sel	0,94 Km ² /sel
5.	Jumlah sel	2 sel
6.	Radius sel	1,04 Km = 1040 m
Radio Link		
1.	Maximum mobile Tx power (dBm)	0.125 W = 20,9691 dBm
2.	Maximum Node B Tx power (dBm)	43 dBm
3.	Frequency	1940 MHz (Up Link) 2130 MHz (Down Link)
4.	<i>Effective isotropic radiated power</i>	17,9691 dBm (Reverse Link Budget) 58 dBm (Fordward Link Budget)
5.	<i>Received signal code power</i>	-75,64 dBm
6.	<i>Path loss</i>	130,94 dB (Reverse Link Budget) 136,20 dB (Fordward Link Budget)

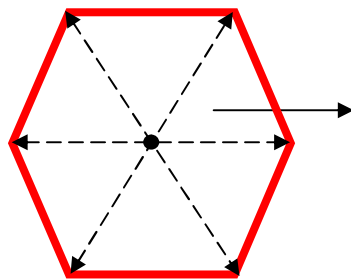
4.2. Tahap Penentuan Sel Awal

Langkah pertama yang dilakukan dalam penentuan sel awal adalah dengan meletakkan sel tersebut sesuai dengan titik koordinat peta dengan skala pada peta 1 : 10.000, dengan asumsi 1 cm pada peta sama dengan 10.000 cm atau 100 m atau 0,1 km dalam keadaan yang sebenarnya dilapangan. Proses pembentukan sel awal dimodelkan pada gambar 4.1 berikut :



Gamba 4.1. Gambar model sel awal

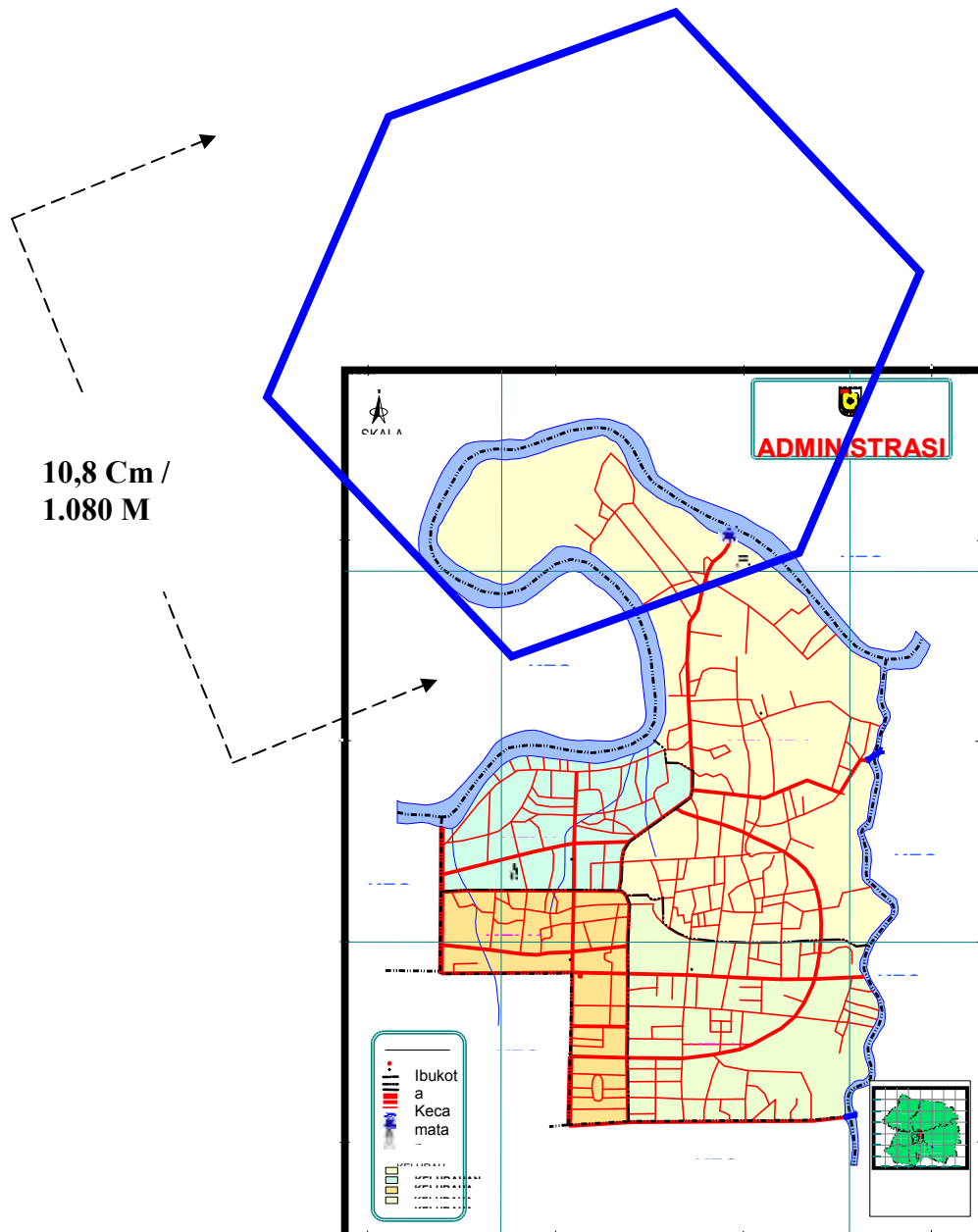
Banyaknya jumlah sel yang ditampilkan pada peta adalah sebanyak 2 sel, dengan radius sel adalah 1040 m² radius sel diilustrasikan seperti pada gambar 4.2 berikut :



Radius sel pada keadaan sebenarnya yaitu 1,04 Km atau 1040 meter dan diasumsikan pada peta adalah 10,4 cm

Gamba 4.2. Gambar radius sel

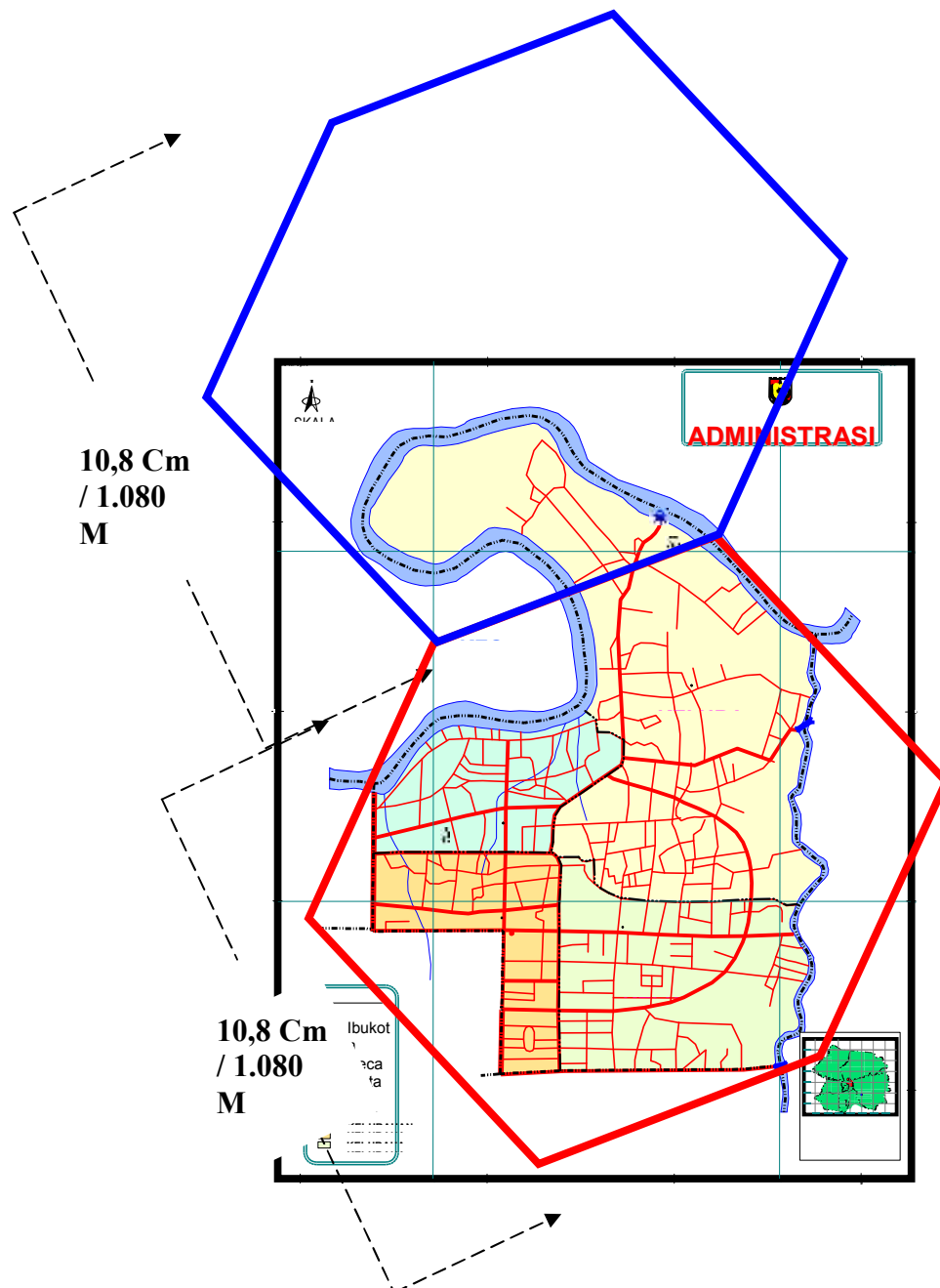
Penentuan sel awal dimulai pada kelurahan Tanjung Rhu dan dilanjutkan ke kelurahan sekip. Alasan sel awal dimulai dari kelurahan Tanjung Rhu adalah karena wilayah tersebut merupakan populasi penduduk yang tinggi dan merupakan pusat bisnis dan pelabuhan dengan tingkat pelayanan yang cukup tinggi baik domestik dan internasional.



Gamba 4.3. Gambar Pembentukan sel awal

4.2. Tahap Penambahan Sel

Tahap ini merupakan lanjutan dari sub bab 4.1, dimana ukuran sel awal yang telah terbentuk sebelumnya, diulangi kembali pada lokasi lain sampai jumlah sel menjadi 2 sel seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Tahap penambahan sel

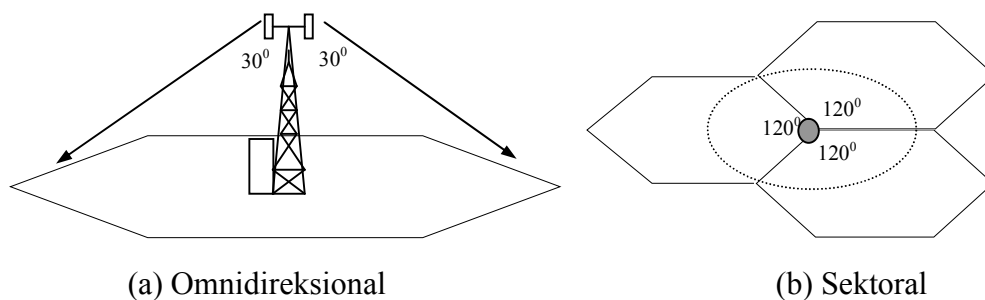
Bentuk sel yang terlihat pada gambar 4.4 diatas adalah sel yang berbentuk heksagonal. Dalam kenyataannya bentuk heksagonal tidak pernah ditemukan, karena radiasi antena tidak bisa membentuk daerah cakupan sel heksagonal. Disamping itu, keadaan geografis (kontur) turut mempengaruhi bentuk sel, sehingga bentuk sel sebenarnya tidak seperti heksagonal. Gambar 4.5. menunjukkan contoh sel-sel dalam keadaan yang sebenarnya di lapangan. (Setiawanang, 2006)



Gambar 4.5. Bentuk sel

(Sumber : Sistem Telekomunikasi di Indonesia, Alfabeta Bandung, 2003)

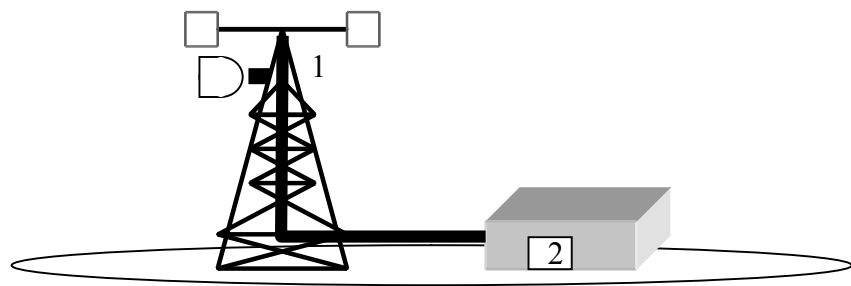
Berdasarkan jenis antena yang digunakan, sel dapat dibagi menjadi dua yaitu sel omnidireksional dan sel sektoral. Sel omnidireksional hanya mampu melayani dengan luasan yang sempit. Pada sel sektoral terdapat tiga arah pancaran, yang masing-masing melingkupi area sebesar 120° .



Gambar 4.6. Jenis antena

(Sumber : Sistem Telekomunikasi di Indonesia, Alfabeta Bandung, 2003)

Satu sel akan dilayani oleh *site*. Dalam satu *site* bisa memiliki lebih dari satu sel. Setiap *site* biasanya terdiri atas sebuah menara (*tower*) antenna dan *shelter*. Ada juga yang hanya menjadi pengulang (*repeater*) untuk *minilink* saja. Penempatan *site* biasanya dilakukan di atas tanah, namun untuk daerah yang padat *site* ditempatkan di atas gedung-gedung yang tinggi. Konfigurasi *site* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.7.Konfigurasi Site

(Sumber : Sisitem Telekomunikasi di Indonesia, Alfabeta Bandung, 2003)

- Menara (1)

Menara digunakan untuk meletakkan berbagai macam antenna. seperti antenna sektoral, antenna dan radio transmisi (*minilink*). Tinggi menara disesuaikan dengan kebutuhan.

- *Shelter* (2)

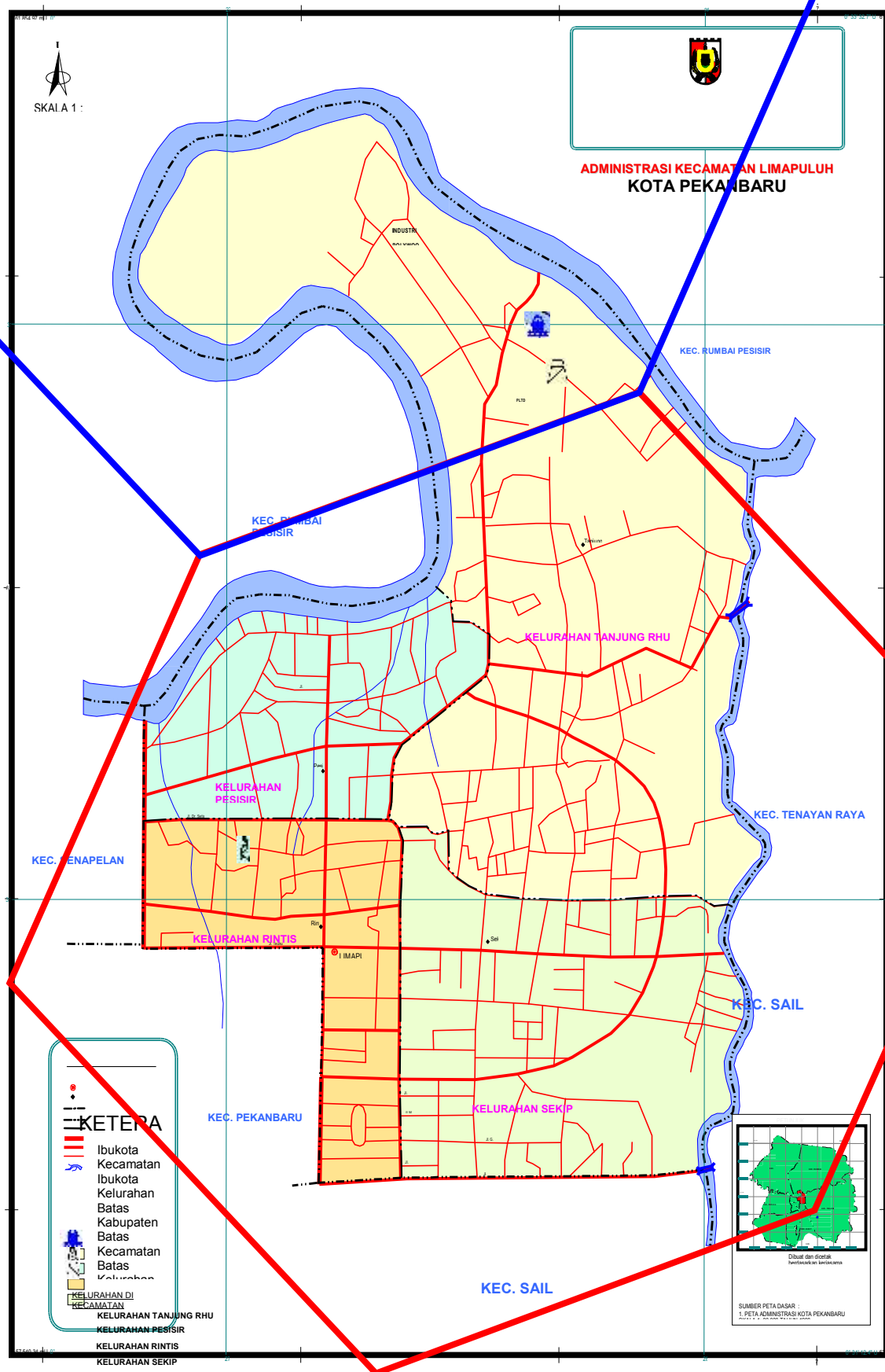
Shelter terbuat dari bahan sejenis besi sebagai tempat untuk menyimpan berbagai komponen *site*, seperti Node B, perangkat transmisi, batere-BFU(*Battery Fuse Unit*), *fan unit*, *cooling unit/air condinditioner*, *heating unit*.

Dari jumlah sel yang dibutuhkan sebanyak 2 sel, maka untuk menghemat Node B yang diimplementasikan, maka antenna yang digunakan adalah jenis antenna sektoral. Antena sektoral terdapat tiga arah pancaran, yang masing-masing melingkupi area sebesar 120° , artinya 1 Node B dapat mengcover 3 kali lipat pelanggan lebih banyak.

4.3. Hasil Perancangan sel

Hasil dari perhitungan parameter-parameter yang ditunjukkan pada tabel 4.1 di implementasikan dalam bentuk sel heksagonal pada peta daerah Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru berskala 1 : 10.000 dititik koordinat $0^{\circ}33'$ BT- $32,7'$ - $101^{\circ}28'22,9'$ BT. Tahap-tahap pembentukan sel dapat dilihat pada pembahasan sub bab 4.1 dan 4.2. Hasil dari tahap-tahap pembentukan sel ditunjukkan pada gambar 4.8 dibawah.

Dari gambar 4.8 di ketahui bahwa Kecamatan Limapuluh memiliki kelurahan sebanyak 4 kelurahan yang memiliki jumlah penduduk sebanyak 31.374 jiwa dengan luas wilayah $4,04 \text{ Km}^2$. Dari 4 kelurahan tersebut, yang paling banyak membutuhkan Node B adalah pada kelurahan Tanjung Rhu yaitu sebanyak 2 Node B karena memiliki luas wilayah yang besar dan populasi penduduk yang banyak. Sedangkan 3 kelurahan yang lainnya hanya membutuhkan 1 Node B yang yang mana Node B tersebut terletak pada kelurahan Tanjung Rhu.



Gambar 4.7. Peta Hasil Visualisasi Node B

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa, perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan dalam Perencanaan Penempatan Node B pada Jaringan WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) di Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kebutuhan jumlah Node B untuk Kecamatan Limapuluh kota Pekanbaru adalah sebanyak 2 Node B dengan radius sebesar 1040 m².
2. Cara yang dilakukan untuk mengatasi *fading* pada kanal yaitu dengan menggunakan teknik *diversity* yaitu teknik transmisi menggunakan lebih dari satu sinyal yang mempunyai satu informasi yang sama.
3. Ketinggian antena pemancar adalah 50 meter, dengan daya pancar reverse 17,9691 dBm dan forward 58dBm. Kuat sinyal pancar adalah -69,64 dBm dan nilai *pathloss* reverse adalah 132,61 dB dan forward adalah 134,26 dB.
4. Hasil akhir dari Perencanaan Penempatan Node B pada Jaringan WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) di Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru adalah memvisualisasikan cakupan wilayah dalam bentuk heksagonal pada peta berskala 1 : 10.000 dengan jumlah sel sebanyak 2 sel.

5.2. Saran

Terdapat beberapa saran yang ditunjukkan kepada peneliti berikutnya yaitu :

1. Bagi peneliti selanjutnya yang ingin membuat suatu Perencanaan Penempatan Node B pada Jaringan WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) di Kecamatan Limapuluh Kota Pekanbaru, sebaiknya menggunakan program simulasi agar hasil perencanaan lebih bagus dan akurat.
2. Bekerjasama dengan operator layanan GSM untuk konsultasi dan mendapatkan data yang akurat dan nyata serta data peta bumi 3 dimensi yang rill sehingga hasil cakupan wilayahnya lebih aplikatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamouti, S.M. *''A simple transmit diversity technique for wireless telecommunication, ''*, IEEE J.Selected Areas Communication., Vol.16, no.8, Oct 1998
- Dodi, Fahmi, dkk, ***“Perencanaan Penempatan Base Station WCDMA di Denpasar”***,2009,<http://journal.uui.ac.id/index.php/Snati/article/view/1436/1229>, (diakses tanggal 04 Januari 2010)
- Gunawan, Uke kurniawan, dan Gunadi, ***“Konsep Teknologi Seluler”***, Edisi I, informatika Bandung, Bandung, 2008.
- Herlinawati, ***“Penentuan Cakupan dan Kapasitas Sel Jaringan Universal Mobile Telecommunication system (UMTS)”***, 2008, <http://lemlit.unila.ac.id/file/arsip%202009/PROSIDING%20dies%20ke-3%20UNILA%202008/ARTIKEL%20Pdf/ZZZ%20Herlinawati%20310-322.pdf>, (diakses tanggal 20 Januari 2010).
- Indra, surjati dkk, ***“Analisis Perhitungan Link Budget Indoor Enetration Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) Dan High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) Pada Area Pondok Indah”***,2008, blog.trisakti.ac.id/.../14.1-Indra-yuli-septiana-analis-perhit-1-20.pdf, (diakses tanggal 04 Januari 2010)

Imam, Aries, ***“Perencanaan Jaringan Seluler GSM (Global System for Mobile Communications) Studi Kasus Daerah Kabupaten Kuantan Singingi”***, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains & Teknologi Universitas Islam Negeri Riau, Pekanbaru, 2009.

Islam, S.S., Quayoum, A., dan Osmani, M.A.G., *”Diversity Techniques in IEEE 802.11g WLAN”*, Dhaka, maret 2005, hal. 60

Lukman, ***“Pendimensian Jaringan layanan UMTS di Surabaya”***, 2007
<http://www.digilib.petra.ac.id/jiunkpe/s1/elkt/2003/jiunkpe-ns-s1-2003-23499091-5194-umts-chapter4.pdf>, (diakses tanggal 20 januari 2010).

Kota Pekanbaru, 2010, http://id.wikipedia.org/wiki/Kota_Pekanbaru, (diakses tanggal 10 November 2010)

Setya, Nanang, ***“Tugas Akhir Simulasi Prediksi Pengaruh Tinggi Muka Bumi Terhadap Coverage Sel GSM menggunakan ARC VIEW 3.3 ”***, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2006.

SC03_13 ITU-R M.1308 , ***“Evolution of land mobile systems towards IMT-2000”***,<http://www.itu.int/ITUR/index.asp?category=information&rlink=rhome&lang=en>, (diakses tanggal 20 januari 2010).